

Universidad Polit cnica de Catalunya_ Máster en Sostenibilidad



Título:

Alternativas para la reducción de emisiones de CO2 del sector doméstico del municipio de Santa María de Palautordera.

En el contexto del Pacto de los Alcaldes.

TRABAJO FINAL DE MASTER

Presenta: **César Antonio Jara González**

Director(a): **Anna Pag s Ramon.**

Barcelona, 23 de diciembre del 2010.

Agradecimientos especiales a quienes me ayudaron durante la elaboración de esta trabajo final de máster: Anna Pagés R., Rosa María Alentorn, Ferran Claudín B. María Cristina Jara G., Rodrigo Jara G., Margarita Bernal Arango, Juan Martínez M., Anna Martin, y al ayuntamiento de Santa María de Palautordera.

Contenido.

Resumen – Summary.

Introducción.....8

Objetivos.....9

Capítulo 1. El cambio climático.....10

1.1. Investigaciones sobre el Cambio climático.....10

1.2. Iniciativas como respuesta al Cambio Climático.....14

1.3. El Pacto de los Alcaldes.....17

Capítulo 2. Metodologías para la cuantificación de CO2.....19

2.1. Aspectos generales de la cuantificación de emisiones de CO2 a escala municipal.....19

2.2 Caso de estudio. Herramienta para la cuantificación de CO2 municipal utilizado en la Provincia de Barcelona.....22

2.3. Redefinición de indicadores para la cuantificación de emisiones de CO2 en el sector doméstico.....26

Capítulo 3. Análisis de propuestas para la reducción de emisiones de CO2.....30

3.1. Descripción general de los Planes de Acción de Energía Sostenible (PAES).....31

3.2. Plan de acción del municipio de Vitoria y Gasteiz.....35

3.3. Plan de acción del municipio de Dublín.....42

3.4. Plan de acción del municipio de Sitges.....47

3.5. Escenarios de emisiones de los municipios de Vitoria y Gasteiz, Dublín y Sitges.....49

Capítulo 4. Inventario base de emisiones de CO2 del sector doméstico en el municipio de Santa María de Palautordera.....54

4.1. Descripción del municipio.....54

4.2. Indicador 1. Energía.....55

4.3. Indicador 2. Agua.....57

4.4. Indicador 3. Residuos (energéticos).....59

4.5. Indicador 4. Residuos (procesos químicos).....59

4.6. Indicador 5. Materiales de construcción.....61

4.7. Inventario Base de emisiones de CO2.....63

Capítulo 5. Propuestas de reducción de emisiones de CO2 para el sector doméstico en Santa María de Palautordera.....65

5.1. Escenarios de emisiones de CO2.....66

5.2. Estrategias para la reducción de emisiones de CO2.....68

5.3. Acciones para la reducción de emisiones de CO2.....70

Conclusiones.....81

Bibliografía.....83

Anexos.....85

Contenido de Figuras.

Figura 1. Emisiones mundiales de Gases de Efecto Invernadero por sector.....	11
Figura 2. Emisiones anuales mundiales de GEI antropógenos entre 1970 y 2004. Parte proporcional que representan en términos de CO2 equivalente.....	11
Figura 3. Superior: Cambios experimentados por la temperatura superficial a nivel mundial y continental. Inferior: Proyecciones del calentamiento en superficie de distintos escenarios y cambio de temperatura en superficie para el inicio y final del siglo XXI.....	12
Figura 4. Anomalías de temperatura en °C (arriba), y de precipitaciones (abajo) en Cataluña respecto del periodo 1961-1990, según diferentes modelos climáticos y proyecciones futuras del IPCC.....	14
Figura 5. Esquema de los pasos para la aplicación del Pacto de los Alcaldes.....	19
Figura 6. Esquema de asignación de emisiones de CO2 a la producción, a la utilidad y al consumo.	20
Figura 7. Propuesta de sectores para la contabilización de emisiones de CO2 municipales desde una perspectiva U.....	22
Figura 8. Esquema de sectores municipales propuestos por el programa Desgel.....	23
Figura 9. Esquema de subsectores propuestos para el sector doméstico que permiten cuantificar las emisiones desde una perspectiva U.....	27
Figura 11. Foto aérea del municipio de Vitoria y Gasteiz.....	31

Figura 12. Foto aérea del municipio de Dublín.....	31
--	----

Figura 13. Foto aérea del municipio de Sitges.....	31
--	----

Figura 14. Plano de ubicación del Municipio de Santa María de Palautordera, en la comarca de Valles Oriental e imagen del casco antiguo.....	57
--	----

Figura 15. Plano de los núcleos residenciales (amarillo) e industriales (azules).....	57
---	----

Contenido de Tablas.

Tabla 1. Indicador de emisiones de CO2 derivadas del consumo energético del sector doméstico propuesto por Desgel.....	24
--	----

Tabla 2. Indicador de emisiones de CO2 derivadas de instalaciones supramunicipales propuesto por Desgel.....	25
--	----

Tabla 3. Indicador de emisiones de CO2 derivadas de los residuos municipales propuestos por Desgel.....	26
---	----

Tabla 4. Propuesta de indicador para la cuantificación de CO2 del consumo de energía del sector doméstico municipal.....	27
--	----

Tabla 5. Propuesta de indicador para la cuantificación de CO2 del consumo de agua del sector doméstico municipal.....	28
---	----

Tabla 6. Propuesta de indicador para la cuantificación de CO2 del tratamiento de residuos del sector doméstico municipal.....	29
---	----

Tabla 7. Propuesta de indicador para la cuantificación de CO2 de los residuos del sector doméstico municipal.....	29
---	----

Tabla 8. Propuesta de indicador para la cuantificación de CO2 de los materiales de construcción del sector doméstico municipal.....	30	Tabla 20. Emisiones de CO2 para las viviendas nuevas del año 2020....	62
Tabla 9. Síntesis de acciones de reducción de emisiones de CO2 del sector doméstico del municipio de Vitoria y Gasteiz.....	31	Tabla 21. Propuestas de acciones para reducir las emisiones de CO2 del sector doméstico de SMPT.....	65
Tabla 10. Síntesis de acciones de reducción de emisiones para el sector doméstico del municipio de Dublín.....	38	Tabla 22. Cálculo para la reducción de emisiones mediante sistemas de ahorro de agua.....	66
Tabla 11. Propuestas de reducción de emisiones de CO2 de Sitges.....	42	Tabla 23. Medidas para la reducción de emisiones mediante mejoras de los hábitos energéticos.....	66
Tabla 12. Indicadores y variables para la cuantificación de las emisiones de CO2 del consumo de energía del sector doméstico.....	50	Tabla 24. Cálculo para la reducción de emisiones mediante iluminación de bajo consumo.....	67
Tabla 13. Indicadores y variables para la cuantificación de las emisiones de CO2 del consumo de energía del ciclo del agua.....	50	Tabla 25. Cálculo para la reducción de emisiones mediante energía solar térmica para agua caliente sanitaria (ACS) en vivienda existente.....	67
Tabla 14. Indicadores para la cuantificación de las emisiones de CO2 de las instalaciones de tratamiento de residuos del sector doméstico.....	52	Tabla 26. Cálculo para la reducción de emisiones reemplazando equipos eléctricos por equipos a gas natural.....	68
Tabla 15. Indicadores y variables para la cuantificación de las emisiones de CO2 de los residuos municipales.....	53	Tabla 27. Cálculo para la reducción de emisiones mediante electrodomésticos de clase A.....	68
Tabla 16. Indicador y variables para la cuantificación de las emisiones de CO2 de los materiales de construcción de viviendas.....	53	Tabla 28. Cálculo para la reducción de emisiones mediante la instalación de calderas de biomasa.....	69
Tabla 17. Consumo de energía (MWh) por fuente y por uso, del sector doméstico del municipio de SMPT.....	59	Tabla 29. Cálculo para la reducción de emisiones mediante sistemas de ahorro de agua.....	69
Tabla 18. Consumo de energía por viviendas (MWh/viv.equiv.) por fuente y por uso del sector doméstico del municipio de SMPT.....	60	Tabla 30. Cálculo para la reducción de emisiones mediante un aumento de la recogida selectiva.....	70
Tabla 19. Emisiones de CO2 del año base (2005) y estimaciones del año tendencial 2020(T) del sector doméstico de SMPT.....	61	Tabla 31. Cálculo para la reducción de emisiones mediante sistemas de ahorro de agua.....	70

Tabla 32. Cálculo para la reducción de emisiones mediante electrodomésticos de clase A.....	70
Tabla 33. Medidas para la reducción de emisiones mediante mejoras de los hábitos energéticos.....	71
Tabla 34. Cálculo para la reducción de emisiones recogida selectiva de residuos.....	71
Tabla 35. Cálculo para la reducción de emisiones mediante la construcción de viviendas de bajo impacto de CO ₂	73

Contenido de gráficos.

Gráfico 1. Consumo energético municipal del año 2006 en Vitoria y Gasteiz.....	32
Gráfico 2. Emisiones de CO ₂ del sector doméstico y total municipal año 2006 en Vitoria y Gasteiz.....	33
Gráfico 3. Consumo de energía del año 2006 en Dublín.....	32
Gráfico 4. Emisiones de CO ₂ del sector doméstico y total municipal año 2006 en Dublín.....	33
Gráfico 5. Consumo de energía municipal del año 2005 en Sitges.....	32
Gráfico 6. Emisiones de CO ₂ del sector doméstico y total municipal año 2005 en Sitges.....	33
Gráfico 7. Consumos de energía por habitante de todos los sectores y doméstico del años 2006 de la Unión Europea (UE -27), España, Cataluña, Vitoria y Gasteiz, Dublín y Sitges.....	29

Gráfico 8. Emisiones de CO ₂ por habitante de todos los sectores y doméstico del años 2006 de la Unión Europea (UE -27), España, Cataluña, Vitoria y Gasteiz, Dublín y Sitges.....	29
---	----

Gráfico 9. Ahorro de emisiones de cada acción, ordenadas desde las que más ahorran, hasta las que menos ahorran en el total municipal en Vitoria y Gasteiz. Valores en (tnCO ₂ /año) y (%)......	32
---	----

Gráfico 10. Grafico coste /eficiencia (€/ t CO ₂ ahorrada), las acciones que presentan un menor coste eficiencia permiten un menor coste económico por unidad de CO ₂ ahorrado.....	35
---	----

Gráfico 11. Comparación entre los valores de ahorro de energía, de ahorro de emisiones y coste económico por vivienda de cada acción del sector doméstico del municipio de Vitoria y Gasteiz.....	36
---	----

Gráfico 12. Ahorro de emisiones de cada acción, ordenadas desde las que más ahorran, hasta las que menos ahorran en el total municipal en Dublín. Valores en (t CO ₂ /año) y (%)......	39
---	----

Gráfico 13. Grafico coste /eficiencia (€/ t CO ₂ ahorrada), las acciones que presentan un menor coste eficiencia permiten un menor coste económico por unidad de CO ₂ ahorrado, para el municipio de Dublín.....	40
--	----

Gráfico 14. Comparación entre los valores de ahorro de energía, de ahorro de emisiones y coste económico por vivienda de cada acción del sector doméstico del municipio de Dublín.....	41
--	----

Gráfico 15. Ahorro de emisiones de cada acción, ordenadas desde las que más ahorran, hasta las que menos ahorran en el total municipal en Dublín. Valores en (t CO ₂ /año) y (%)......	43
---	----

Gráfico 16. Comparación entre los valores de ahorro de energía, de ahorro de emisiones y coste económico por vivienda de cada acción del sector doméstico del municipio de Sitges.....	44
Gráfico 17. Escenario de emisiones con propuestas de reducción para el 2020 de Vitoria y Gasteiz.....	44
Gráfico 18. Escenario de emisiones con propuestas de reducción para el 2020 de Dublín.....	44
Gráfico 19. Escenario de emisiones con propuestas de reducción para el 2020 de Sitges.....	44
Gráfico 20. Emisiones de CO2 por habitante del AÑO 2005, del escenario tendencial 2020(T) y del escenario con actuación 2020 (A), del sector doméstico de los municipios de Sitges, Dublín y Vitoria y Gasteiz.....	47
Gráfico 21. Porcentajes de reducción de emisiones de CO2 de las propuestas de Vitoria y Gasteiz, Dublín y Sitges.....	47
Gráfico 22. Emisiones de CO2 del consumo de energía del sector doméstico, del municipio de SMPT.	48
Gráfico 23. Emisiones de CO2 del consumo de agua del sector doméstico, del municipio de SMPT.....	49
Gráfico 24. Emisiones de CO2 de los residuos del sector doméstico, del municipio de SMPT.....	51
Gráfico 25. Emisiones de CO2 del consumo de materiales de construcción del sector doméstico, del municipio de SMPT.....	54

Gráfico 26. Emisiones de CO2 sector doméstico de SMPT.....	54
Gráfico 27. Emisiones de CO2 sector doméstico por habitantes de SMPT.....	55
Gráfico 28. Emisiones de CO2 sector doméstico por vivienda de SMPT.....	55
Gráfico 29. Emisiones de CO2 del sector doméstico por habitante de SMPT.....	55
Gráfico 30. Número de viviendas por núcleo urbano de SMPT.....	58
Gráfico 31. Tipos de uso de vivienda y número de viviendas por edificio (2001) de SMPT.....	58
Gráfico 32. Consumos de energía por actividad y por fuente de energía de SMPT.....	59
Gráfico 33. Consumo de energía del sector doméstico de SMPT.....	59
Gráfico 34. Izquierda. Emisiones de CO2 del año base 2005, y objetivo de reducción para el año 2005. Derecha: Emisiones de CO2 del año base 2005, y escenario tendencial 2020 (T) de SMPT.....	61
Gráfico 35. Escenario base de emisiones de CO2 del año 2005. Escenario tendencial 2020 (T) y objetivo de reducción para el sector doméstico de SMPT.....	63
Gráfico 36. Escenario base de emisiones de CO2 del año 2005. Escenario tendencial 2020 (T), objetivo de reducción y estrategias para el sector doméstico de SMPT.....	64

Resumen:

El municipio de Santa María de Palautordera firmó en enero del 2010 el Pacto de los Alcaldes. Mediante este acuerdo se comprometió a reducir sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en un 20% como mínimo para el año 2020.

En el contexto antes descrito, el presente trabajo final de máster tiene como objetivo descubrir las medidas y propuestas más adecuadas para la reducción de emisiones de CO2 en el sector doméstico, que se están implementando actualmente con el Pacto de los Alcaldes, y que pueden ser aplicadas en este municipio.

En la primera parte del trabajo, se realiza una descripción general del impacto del cambio climático, y de las políticas que se están tomando para enfrentarlo, a distintas escalas de actuación, tanto nacional, regional como municipal. En la segunda parte se hace un análisis de las posibilidades para cuantificar emisiones de CO2 a nivel municipal, y se proponen indicadores y variables para cuantificarlas.

Posteriormente se hace una descripción de 3 casos de estudio en los que se han realizado planes de acción municipal, para la reducción de emisiones de CO2. Su objetivo es conocer la experiencia que han tenido estos municipios en la elaboración de propuestas, y el impacto y característica de cada una de ellas.

Finalmente se aplican los indicadores y las propuestas desarrolladas al municipio de Santa María de Palautordera. Mediante un plan de acción que permita definir una estrategia de reducción de emisiones en el sector doméstico de aquí al año 2020, y que facilite la implementación de acciones para este municipio.

Summary.

The City Hall of Santa María de Palautordera signed in January 2010 the Covenant of Mayors. By means this agreement, The City Hall has committed to reduce its emissions of the Greenhouse Gases (GHGs) at least in 20% for the year 2020.

In the context described before, these present final thesis of master has as goal develop measures and proposals for the reduction of CO2 emissions at domestic area, Wich are implementing at the present with the Covenant of Mayors, and that it can be applied in this City Hall.

In the first part of this work, it's made a general description of the effect of climatic change, and the policies that the government is taking of ace it. In the second part, it's made an analysis of the possibility of how the city hall can quantify the CO2 gases, and propose indicators for measure it.

In additions, it makes a description about three examples that it has made plans of municipal action for the reduction of the emissions of CO2 gases. The goal it's learn about the experience that these City hall shave taken in the creation of proposals, and the impact and characteristics of each them.

Finally, are used the indicators and proposals developed for the City Hall of Santa María de Palautordera by an action plan that allow create a strategy of reduction of emissions since today until 2020, and provides the implementation of action for this city hall.

Introducción

Durante el año 2009 en la asignatura Taller interdisciplinario del Máster en Sostenibilidad, de la Universidad Politécnica de Cataluña, se realizó un trabajo académico con el ayuntamiento de Santa María de Palautordera, el cual estaba enmarcado en el contexto del Pacto de los Alcaldes¹, y tuvo como principal objetivo analizar y proponer una metodología para la cuantificación de Gases de Efecto Invernadero (GEI)² a nivel municipal. Este ejercicio fue el inicio para desarrollar este trabajo final de máster, que pretende ser una guía para la elaboración de medidas de reducción de emisiones de CO2 del sector doméstico, y al mismo tiempo intenta ser una ayuda para que este ayuntamiento pueda cumplir los objetivos comprometidos con el Pacto de los Alcaldes.

La importancia de este tema, radica en que el consumo de energía fósil, y las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a estos consumos, son una de las principales causantes del cambio climático. Este fenómeno ha sido estudiado mediante un gran número de investigaciones científicas, siendo las más conocidas los realizados por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), que han confirmado que éste es provocado principalmente por la actividad humana, “Con un grado de confianza muy alto, el efecto neto de las actividades humanas desde 1750 ha sido un aumento de la temperatura” (IPCC, 2008). Además a partir de estos estudios se ha logrado demostrar que el cambio climático es una realidad extremadamente preocupante, y que se deben tomar medidas urgentes para evitar las graves

¹ Se define al Pacto de los Alcaldes como el acuerdo voluntario de los municipios pertenecientes a la Unión Europea, cuyo objetivo de reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 20% para el 2020.

² Gases de efecto invernadero: Gases integrantes de la atmósfera, de origen natural y humano, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de ondas del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera, y las nubes.

consecuencias que este hecho puede provocar, en un futuro cercano, sobre los ecosistemas del Planeta.

Los desafíos de mitigar el cambio climático deben abordarse desde distintos puntos de vista, y desde distintas escala de participación, tanto desde la comunidad científica, la sociedad civil y las administraciones públicas, con acuerdos globales, como por ejemplo el protocolo de Kioto, con estrategias de mitigación a nivel nacional, local y también a través de la participación de los ciudadanos. “La UE ha subrayado la necesidad de unir fuerzas a nivel local y regional, ya que la cooperación entre administraciones es una herramienta útil para mejorar la eficacia de las acciones que se adopten en la lucha contra el cambio climático” (Pacto de los Alcaldes, 2008).

La Unión Europea, en su afán de enfrentar el cambio climático se ha comprometido a reducir sus emisiones de CO2. Es así como nace la iniciativa del Pacto de los Alcaldes, con el cual los ayuntamientos que firman este pacto se comprometen voluntariamente para coordinar medidas y desarrollar planes con el objetivo de reducir en al menos un 20% las emisiones de CO2 de aquí al año 2020, “Nosotros los alcaldes, nos comprometemos a desarrollar planes que permitan reducir sus emisiones a nivel municipal. Ir más allá de los objetivos establecidos por la Unión Europea para 2020, reduciendo las emisiones de CO2 en nuestros respectivos ámbitos territoriales en al menos un 20%” (Pacto de los Alcaldes, 2008).

A partir de este compromiso, y de la intención que nace con la creación de este pacto, es que surgen las siguientes preguntas que se intentaran conocer con el desarrollo del presente trabajo final de máster, ¿Es posible proponer acciones concretas y factibles de realizar desde el punto de vista de su implementación y sus costes económicos, que permitan al ayuntamiento reducir en un 20% las emisiones de CO2 de aquí al 2020?, ¿Cuál es la importancia del sector doméstico para un municipio, desde el punto de vista de sus emisiones de CO2?, ¿Es posible reducir en

un 20% las emisiones de CO2 asociadas al sector doméstico?, ¿Cuáles son las medidas que se están planteando actualmente para reducir emisiones, y cuales pueden proponerse en el sector doméstico?, ¿Cuales son las posibilidades del ayuntamiento de reducir las emisiones de CO2 del sector doméstico?.

Objetivos:

Objetivo general.

Conocer las diferentes acciones para la reducción de emisiones de CO2 y su impacto para el sector doméstico, que se están implementando con el Pacto de los Alcaldes.

Objetivos específicos.

Analizar las posibilidades que existen para cuantificar emisiones de CO2, para conocer la metodología más apropiada para aplicarla a nivel municipal y para el sector doméstico.

Definir indicadores y variables para la cuantificación de emisiones de CO2 para el sector doméstico, que estén acorde con el modelo de desarrollo sostenible, y que permita ser aplicada en un municipio.

Conocer las mejores opciones para la reducción de emisiones de CO2, y que puedan ser aplicadas en el sector doméstico del municipio de Santa María de Palautordera.

Capítulo 1. El cambio climático.

El objetivo de este capítulo es profundizar en las investigaciones que dieron la alerta sobre el cambio climático y las consecuencias que este fenómeno puede provocar a nivel ambiental y socioeconómico, y conocer las acciones que se están tomando para mitigar esta situación. Además se definen algunos conceptos importantes que serán utilizados en los capítulos siguientes. Este se desarrollará mediante una mirada cronológica desde los primeros informes del IPCC hasta la situación actual del Pacto de los Alcaldes. También se hará una breve descripción de las iniciativas españolas y catalanas para reducir emisiones en el sector doméstico.

1.1. Investigaciones sobre el Cambio Climático:

La Primera Conferencia Mundial sobre el Clima realizada en Ginebra en el año 1979 entregó las primeras señales del aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero causadas principalmente por actividades antropogénicas³, y que estas eran las causantes del aumento de la temperatura de la atmosfera mundial, fueron los inicios de las investigaciones para estudiar el Cambio Climático⁴. Esta conferencia convocó a los gobiernos del mundo a controlar y prever los posibles cambios en el clima, y que pudieran poner en peligro el bienestar de la humanidad. A mediados de la década de 1980, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) crearon el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), con el objetivo de evaluar la información

³ Antropogénicas: Resultante o producido por acciones humanas (IPCC).

⁴ Cambio Climático: Se define como un cambio en el estado del clima a lo largo del tiempo, tanto si es debido a la variabilidad natural como si es consecuencia de la actividad humana (IPCC).

científica para la comprensión del aumento de la temperatura de la atmosfera, comprender los factores que estaban originando el cambio climático, conocer las consecuencias de estos cambios a nivel ambiental y socioeconómico, y formular estrategias de respuesta para mitigar sus efectos. Desde entonces el grupo de trabajo se reúne en sesiones plenarias una vez al año desarrollando documentos técnicos que son la base científica más ampliamente difundida sobre las que se basa la toma de decisiones y el desarrollo de políticas de los gobiernos a nivel mundial.

1.1.1. Informes del IPCC:

En el año 1990 se desarrolla el primer informe de evaluación del IPCC, en este se concluye de forma científica que las actividades humanas son causantes del aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmosfera, y que estos gases son los que provocan el aumento de la temperatura de la superficie de la tierra:

“Las emisiones resultantes de actividades humanas han aumentando sustancialmente las concentraciones atmosféricas de los gases de efecto invernadero, tales como el Dióxido de Carbono, el Metano, los Clorofluorocarbonos (CFC) y el Oxido Nitroso. Estos aumentos realzan el efecto invernadero, que provocan en promedio, un calentamiento adicional de la superficie de la Tierra” (IPCC, 1990, pág. XI).

Además en este informe se manifiesta que es un problema a largo plazo y persistente, y que es necesario iniciar acciones cuanto antes, para limitar las emisiones de gases de efecto invernadero:

“Las concentraciones atmosféricas de los gases de larga vida (Dióxido de carbono, óxido nitroso y los CFCs) se ajustan lentamente a los cambios en las emisiones. Si continúan las emisiones de estos gases al ritmo actual se producirá un aumento de las concentraciones en los siglos siguientes” (IPCC, 1990).

En el año 1995, en el segundo informe de evaluación del IPCC se confirman las conclusiones del informe anterior, y se destaca la existencia de una influencia humana perceptible en el cambio climático. Se indica también el efecto que esto tendría sobre el medio ambiente, tanto en los ecosistemas, como en las poblaciones humanas. Este informe facilitó las negociaciones que llevaron a la adopción del Protocolo de Kioto.

En el año 2001, el tercer informe de evaluación del IPCC aporta información histórica sobre el cambio climático con observaciones de los últimos 200 años. Además, se presentan nuevas proyecciones sobre las futuras concentraciones de gases de efecto invernadero a través de diversos escenarios, tanto demográficos como sociales, económicos y tecnológicos. Aunque en el tercer informe de evaluación no se aclaran totalmente las incertidumbres científicas asociadas con la magnitud y escala del cambio climático, en cierto modo estas incertidumbres se reducen, lo que permite disponer de una base sólida para acciones posteriores.

Por último, el cuarto informe de evaluación realizado en el año 2007, se concluye que el calentamiento del sistema climático es inequívoco y que este se debe, con más de un 90% de certeza, a la actividad humana y, particularmente, a las emisiones de gases de efecto invernadero provocadas por el uso de combustibles fósiles, el cambio en los usos del suelo y la agricultura. Además, establece que el dióxido de carbono (CO₂) es el gas de efecto invernadero de origen antropogénico más importante de la atmósfera.

En la figura 1 se muestra el crecimiento de las emisiones de CO₂ desde el año 1970 al 2004. En la figura 3 se muestran las emisiones de gases de efecto invernadero por sector, siendo los sectores que más emiten el uso de energía, el cambio de uso de suelo y la agricultura. El gas de efecto invernadero más importante es el Dióxido de Carbono (CO₂), que representa el 77% de los gases de efecto invernadero del año 2000.

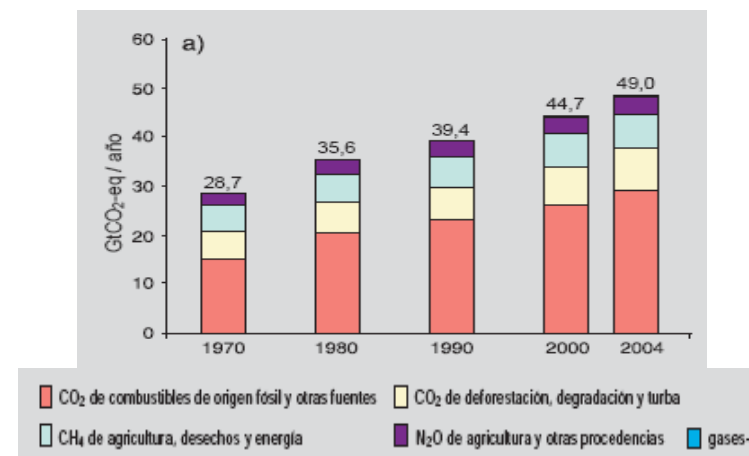


Figura 1. Emisiones anuales mundiales de GEI antropogénicos entre 1970 y 2004. Parte proporcional que representan en términos de CO₂ equivalente. Fuente: Informe de Síntesis del IPCC, Cambio Climático 2007.

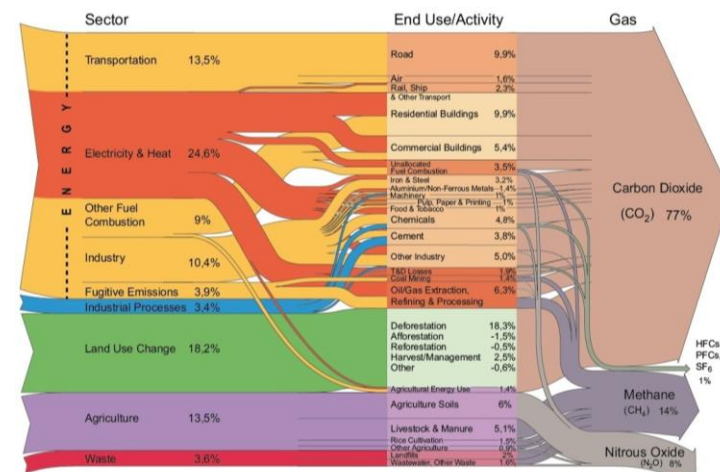


Figura 2. Emisiones Mundiales de Gases de Efecto Invernadero por Sector. Fuente: World Resources Institute, (2000).

En el informe del año 2007 también se establece de manera categórica que el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, que ha

provocado un aumento de la temperatura, se debe a las actividades humanas (figura 3).

“Con un grado de confianza muy alto, el efecto neto de las actividades humanas desde 1750 ha sido un aumento de la temperatura” (IPCC, 2008).

“Los años 2005 y 1998 fueron los más cálidos en el registro de temperatura del aire superficial mundial desde 1850. Las temperaturas superficiales en 1998 se intensificaron por el fenómeno del Niño de 1997 a 1998, pero esta anomalía no se presentó en 2005. De los últimos 12 años (1995 a 2006) 11 de ellos, exceptuando 1996, se clasifican entre los 12 años más cálidos registrados desde 1850” (IPCC, 2008).

En el último informe también se estima que a fines del siglo XXI se produciría un calentamiento superficial de la Tierra de entre 1,8 y 4 °C. Incluso manteniendo constantes todos los agentes de forzamiento radiativo⁵ a los niveles del año 2000, se produciría una nueva tendencia de calentamiento en las próximas dos décadas a un ritmo aproximado de 0,1 °C por década, principalmente debido a la respuesta lenta de los océanos. Así, en un escenario de estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero, el calentamiento antropogénico y el aumento del nivel del mar se seguirían produciendo durante siglos.

Las estimaciones de los efectos del cambio climático sobre el planeta presentadas en este informe son extremadamente preocupantes, se prevé que muy probablemente aumentará la frecuencia de los valores extremos cálidos, las olas de calor y en algunas zonas las precipitaciones. Se prevé

⁵ Forzamiento radiativo: Cambio en la irradiación neta vertical en la atmósfera debido a un cambio interno o un cambio en el forzamiento externo del sistema climático (por ejemplo, un cambio en la concentración de dióxido de carbono o la potencia del Sol). (IPCC).

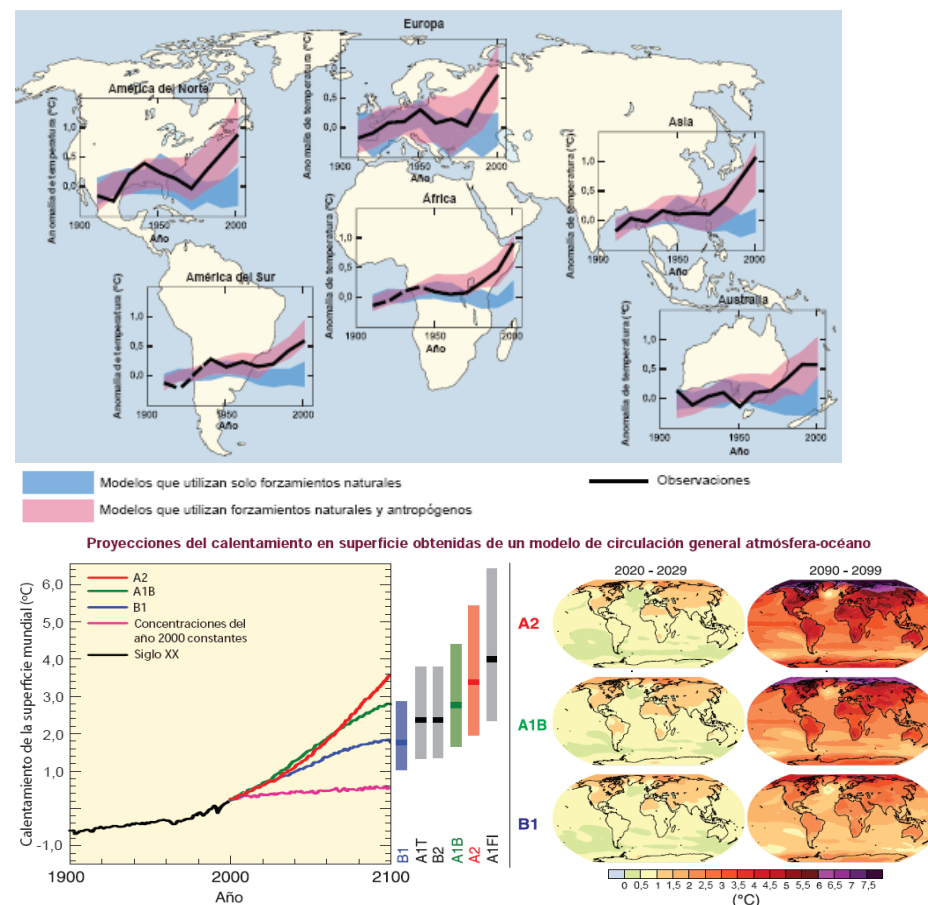


Figura 3. Superior: Cambios experimentados por la temperatura superficial a nivel mundial y continental. Inferior: Proyecciones del calentamiento en superficie de distintos escenarios y cambio de temperatura en superficie para el inicio y final del siglo XXI. Fuente: Informe de Síntesis del IPCC, Cambio Climático 2007.

que probablemente se vean afectados los ecosistemas terrestres, de tundra, bosques boreales y regiones montañosas debido a su sensibilidad al calentamiento, los ecosistemas de tipo mediterráneo debido a la

disminución de las lluvias, y bosques pluviales en los que las precipitaciones disminuyen. También se verán afectados los ecosistemas costeros y marinos.

“Según las proyecciones, la contracción del manto de hielo de Groenlandia seguirá contribuyendo al aumento del nivel del mar después del año 2100. Los modelos actuales sugieren una desaparición prácticamente total del manto de hielo de Groenlandia y, consiguientemente, una aportación al aumento del nivel del mar de unos 7 m si el promedio del calentamiento mundial subsistiese durante milenios por encima de entre 1,9 y 4,6°C respecto de los valores preindustriales” (IPCC, 2008, pág. 8)

“Con un grado de confianza medio, entre el 20% y el 30% aproximadamente de las especies consideradas hasta la fecha estarán probablemente más amenazadas de extinción si el calentamiento promedio mundial aumenta en más de 1,5 - 2,5°C (respecto del período 1980-1999)” (IPCC, 2008, pág. 14).

En el informe se subraya la importancia de iniciar acciones de reducción de emisiones y de mitigación cuanto antes, ya que los resultados de estas se verán a largo plazo.

“Muchos de los impactos pueden ser reducidos, retardados o evitados mediante medidas de mitigación. Los esfuerzos e inversiones en mitigación de los próximos dos o tres decenios determinarán en gran medida las oportunidades de alcanzar unos niveles de estabilización inferiores. El retardo en la reducción de emisiones reducirá notablemente esas oportunidades, e incrementará el riesgo de agravamiento de las repercusiones del cambio climático” (IPCC, 2008, pág. 20).

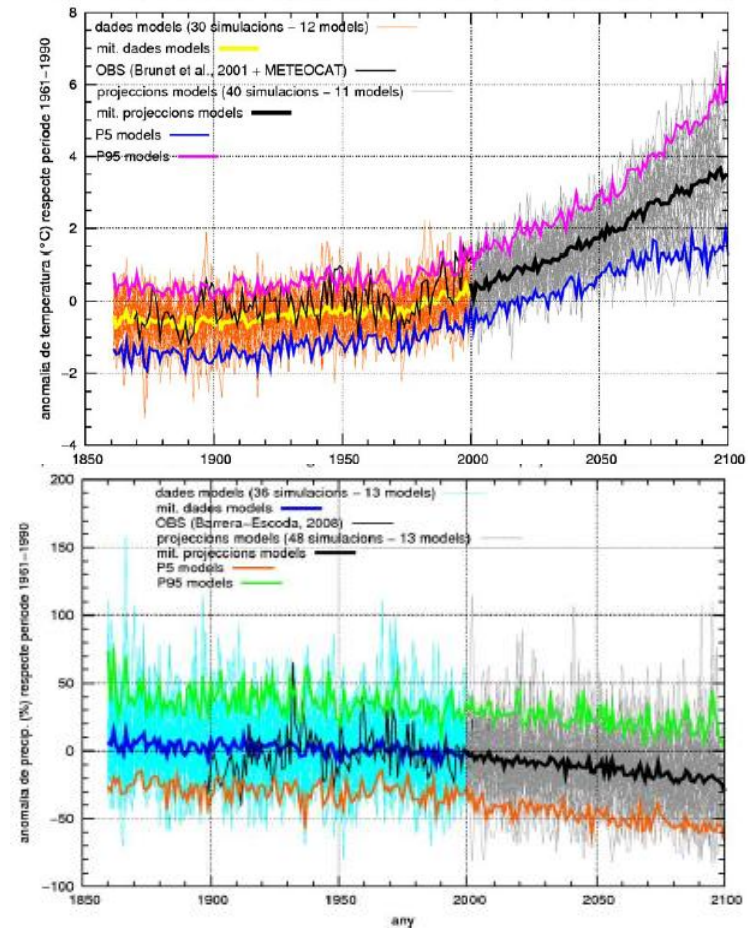


Figura 4. Anomalías de temperatura en °C (arriba) y de precipitaciones (abajo) en Cataluña respecto del período 1961-1990, según diferentes modelos climáticos y proyecciones futuras del IPCC. Fuente: 2do informe del cambio climático en Cataluña.

Sin embargo también se establece que aún con las medidas que se tiene previsto realizar, las emisiones mundiales de GEI seguirán aumentando.

“Hay un alto nivel de coincidencia y abundante evidencia respecto a que con las políticas actuales de mitigación de los efectos del cambio climático y con las prácticas de desarrollo sostenible que aquellas conllevan, las emisiones mundiales de GEI seguirán aumentando en los próximos decenios” (IPCC, 2008).

El informe identifica los sectores que tienen más opciones de mitigación, así como las tecnologías y prácticas claves de mitigación que se pueden desarrollar en cada uno, tanto las disponibles en la actualidad como las que se espera que se comercialicen en las próximas décadas.

En la figura 4 se ve el impacto del cambio climático en las temperaturas y precipitaciones en Catalunya. Estos cambios del clima pueden provocar alteraciones en la disponibilidad de agua y en la agricultura.

1.1.2. Informe Stern:

En el año 2007, El ministerio de finanzas británico encargo un informe independiente, el cual fue desarrollado por el economista Nicholas Stern, con el fin de evaluar los datos y tener un mejor conocimiento de los aspectos económicos del cambio climático.

Este evaluó las consecuencias del cambio climático, y concluyó que este traerá graves consecuencias en las actividades económicas y sociales:

“La inversión realizada en los próximos 10-20 años tendrá un profundo impacto sobre el clima durante la segunda parte del presente siglo y en el siglo próximo. Nuestras acciones actuales y de las próximas décadas podrían crear el riesgo de que se produzca una importante perturbación de las actividades

económicas y sociales, cuya escala sería comparable a la asociada con las grandes guerras y depresión económica de la primera mitad del siglo XX. Estos cambios serán difíciles y aun imposibles de subsanar” (Stern, 2007).

También plantea algunas medidas para reducir la huella de carbono mediante el uso de energías limpias, mejorando la eficiencia energética, mejorando el transporte y calefacción.

“Es posible reducir las emisiones mediante una mejora de la eficiencia energética, la introducción de cambios en la demanda y la adopción de tecnologías limpias en los sectores de la energía, calefacción y transporte. Con objeto de que las concentraciones atmosféricas de CO₂ puedan estabilizarse a/por debajo de 550ppm, el sector mundial de la energía deberá ‘descarbonizarse’ en un mínimo del 60% para el año 2050” (Stern, 2007).

1.2. Iniciativas como respuesta al Cambio Climático:

1.2.1. Acciones a nivel internacional:

a) **Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC):** Este convenio entró en vigor en marzo de 1994, y su objetivo principal es la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que evite las interferencias peligrosas en el sistema climático. Este nivel debería alcanzarse dentro de un plazo suficiente para que los ecosistemas se adapten naturalmente a los futuros cambios, para asegurar que la producción de alimentos no quede amenazada y para permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.

El Convenio establece una serie de principios que deben respetar todos los países adscritos en el momento de tomar las medidas encaminadas a

cumplir sus objetivos. La obligación de alcanzar los objetivos del Convenio es responsabilidad compartida de todas las Partes que lo han ratificado.

b) **Protocolo de Kioto:** En diciembre de 1997 se celebró en la ciudad de Kioto la tercera reunión de los países que han firmado el Convenio Marco sobre el Cambio Climático cuyo objetivo era establecer un protocolo vinculante de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. El Protocolo de Kioto cobra importancia ya que por primera vez los países industrializados aprueban objetivos cuantitativos de reducción de emisiones.

Los países miembros de la Unión Europea ratificaron el protocolo de Kioto en mayo del 2002. La reducción sería de un 8% para el conjunto de la Unión Europea con respecto a las emisiones del año 1990. En el caso de España las emisiones para el periodo 2008-2012 deberán estar como máximo un 15% por encima de las de 1990.

c) **Programa Europeo Sobre el Cambio Climático (PECC):** Este fue creado en marzo del año 2000, con el fin de preparar políticas para asegurar que la UE llegue a conseguir la reducción del 8% de emisiones de gases en el periodo 2008-2012 acordados con la ratificación del protocolo de Kioto.

El segundo Programa Europeo sobre el Cambio Climático (PEC II 2005-2010) entró en vigor en el año 2005 y se basa en incorporar nuevas políticas y medidas europeas para poder conseguir reducciones de emisiones más significativas después del 2012. Algunas de las medidas y que destacan de la demanda energética, y que son aplicables al sector doméstico son:

- Eficiencia energética en los edificios (Directiva 2002/91/CE).
- Etiqueta energética de los equipos domésticos (Directiva 92/75/CE).

- Requerimientos de eco-diseño para los productos de uso energético (Directiva 2005/32/CE).
- Planes de acción sobre eficiencia energética (Libro verde sobre la eficiencia energética, (COM (2006)265)
- Campañas de concientización sobre el cambio climático.

d) **Políticas europeas para después del 2012:** En enero del 2007, la Comisión Europea efectuó un comunicado sobre la limitación del calentamiento mundial a 2°C y las medidas necesarias hasta el 2020 y después. Este enfatiza el hecho que hay que actuar con urgencia para limitar el incremento medio de las temperaturas mundiales a 2°C respecto a los niveles de la era preindustrial. Para poder alcanzar este objetivo, se propone llevar a cabo un acuerdo internacional, con el fin de reducir un 30% las emisiones de gases de efecto invernadero de los países desarrollados, respecto a las emisiones de 1990, de ahora al 2030.

1.2.2. Acciones a nivel nacional:

De acuerdo con el reparto de los compromisos de reducción de emisiones de la UE, España no debe incrementar sus emisiones de gases de efecto invernadero en más de un 15% con respecto al año base 1990. Sin embargo, los últimos datos del inventario de emisiones de GEI, señalan que en el año 2007 ha existido una variación relativa con relación al año base del 52,6%. Esto indica un exceso de 37,6 puntos porcentuales por encima del compromiso adquirido con la ratificación del Protocolo de Kioto.

Esta situación pone de manifiesto las dificultades para limitar el aumento de las emisiones de GEI. La tendencia de crecimiento, es sin embargo más acusada en los sectores no incluidos en la directiva europea de derechos de emisión, denominados sectores difusos⁶ (incluidos en el

⁶ Los sectores difusos son definidos por la Estrategia Española de Sostenibilidad Urbana y Local (EESUL) como aquellos sectores que no están regulados por el

Pacto de los Alcaldes), siendo destacable la contribución de los sectores transporte y residencial.

Por este motivo se han puesto en marcha iniciativas que buscan el ahorro de energía, el incremento de la eficiencia energética y el fomento de las energías renovables. Entre las acciones más importantes destacan:

a). La Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia. Horizonte 2007-2012-2020 (EECCEL): Aborda diferentes medidas en el ámbito del cambio climático y energía limpia. “Este informe tiene por finalidad entregar una serie de políticas y medidas para mitigar el cambio climático, paliar los efectos adversos del mismo, y hacer posible el cumplimiento de los compromisos asumidos por España, centrándose en la consecución de los objetivos que permitan el cumplimiento del Protocolo de Kioto”(Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia. Horizonte, 2017-2012-2020). La EECCEL también propone políticas y medidas en el ámbito de la eficiencia energética; Las fuentes de energía renovable; La gestión de la demanda; El desarrollo de tecnologías energéticas de baja emisión de dióxido de carbono.

b). Plan de ahorro y eficiencia energética 2008-2012 (PAE 4+). Este plan está compuesto por un listado de medidas concretas para el ahorro y la eficiencia energética para los sectores Industria, Transporte, Edificación, Servicios Públicos, Equipamiento residencial y ofimático, Agricultura y Transformación de la Energía. Los objetivos de este plan para el sector edificación son:

- Mejorar la eficiencia energética de la envolvente edificatoria y de los equipamientos del edificio, para reducir la demanda energética en calefacción y refrigeración.

- Mejorar la eficiencia energética de las instalaciones térmicas de los edificios existentes.
- Mejorar la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación interior de los edificios existentes.
- Promover la construcción de nuevos edificios y la rehabilitación de los existentes con alta calificación energética.
- Fomento a la sustitución de electrodomésticos con un bajo etiquetado energético por otro superior, Plan “Renove”.
- Promoción de medidas que incidan sobre el comportamiento del consumidor.
- Seguimiento de los objetivos del Código Técnico de la Edificación y puesta en marcha de sistemas de calificación energética en los edificios.
- Promoción de la utilización de energías renovables.

b). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático: Sus objetivos principales son desarrollar escenarios climáticos regionales contextualizados a las características climáticas y geográficas de España; Desarrollar métodos para evaluar los impactos, la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático en diferentes sectores socioeconómicos y sistemas ecológicos; Aportar al esquema español de I + D + I las necesidades más relevantes en materia de evaluación de impactos de cambio climático; Realizar un proceso continuo de actividades de información y comunicación de los proyectos; Promover la participación entre todos los agentes implicados en los diferentes sectores/sistemas, con objeto de integrar en las políticas sectoriales la adaptación al cambio climático; Elaborar informes específicos de resultados e informes periódicos de seguimiento.

En Cataluña, las acciones que más destacan para enfrentar el cambio climático son:

a). Informe sobre el cambio climático en Cataluña: Fue coordinado e impulsado por el Consejo Asesor para el Desarrollo Sostenible (CADS).

régimen de comercio de derechos de emisión. Estos agrupan al sector del transporte, sector doméstico, comercial e institucional, gestión de los residuos y la agricultura.

Este finalizó en el año 2004, y analiza desde una óptica multidisciplinar los indicadores, las causas y los posibles impactos en Cataluña del cambio climático, así como las acciones de mitigación y de adaptación a este. El marco teórico del estudio es el establecido por el IPCC, evaluando la información existente a escala internacional que sea aplicable a Cataluña, para poder hacer un análisis prospectivo sobre los posibles efectos del cambio climático en los diversos sectores estratégicos de Cataluña.

b). Comisión Interdepartamental Contra el Cambio Climático:

Tiene como objetivos coordinar la actuación del Gobierno de la Generalitat en el ámbito de la lucha contra el cambio climático; Impulsar actuaciones de carácter transversal entre los diferentes departamentos para favorecer la adaptación al cambio climático; Promover acciones de carácter transversal entre los diferentes departamentos para disminuir las emisiones de los gases de efecto invernadero; Realizar el seguimiento y la evaluación de las actuaciones.

c). Oficina Catalana del Cambio Climático: Fue creada en el 2006 y está encargada de velar por la implantación de las medidas contra el cambio climático y el cumplimiento del Protocolo de Kioto. Entre sus objetivos esta desarrollar y ejecutar las políticas domésticas de reducción de GEI en los sectores difusos⁷, que son los mismos sectores a los cuales el Pacto de los Alcaldes tiene como objetivos de reducción. Concretamente, los sectores donde hay que actuar son: transporte y movilidad; agrícola, ganadero y forestal; institucional, residencial y servicios; y residuos industriales y domésticos.

⁷ Los sectores difusos son definidos por la Estrategia Española de Sostenibilidad Urbana y Local (EESUL) como aquellos sectores que no están regulados por el régimen de comercio de derechos de emisión, establecido en la directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo. Estos agrupan al sector del transporte, sector doméstico, comercial e institucional, gestión de los residuos y la agricultura.

Como hemos visto, a través de los diferentes informes y estudios que se han realizado sobre el cambio climático, y a través de las distintas iniciativas para enfrentar esta situación, el cambio climático es un problema muy grave, y su impacto afectará a toda la sociedad, a los diferentes países o regiones. Por este motivo es necesario tomar medidas cuanto antes, y desde todos los ámbitos de la sociedad, para enfrentarlo.

1.3. El Pacto de los Alcaldes: Esta iniciativa nace desde la Unión Europea a través de la Dirección General de Transporte y Energía, y fue creada en enero del 2008 para intentar reducir en un 20% las emisiones de CO2 y de gases de efecto invernadero municipales para el año 2020. Permite mediante un compromiso oficial y voluntario de los municipios, coordinar experiencias que permitan a los diferentes gobiernos locales buscar alternativas para reducir las emisiones de CO2 de su ámbito territorial.

Este acuerdo se origina para coordinar los esfuerzos que estaban ocurriendo de manera aislada por diferentes municipios, los cuales habían desarrollado interesantes medidas a escala local para luchar contra el cambio climático, como consecuencia de la aplicación de la Carta de Leipzig sobre Ciudades Europeas Sostenibles, de los Compromisos de Aalborg y de los procesos de desarrollo de la Agenda Local 21.

La Unión Europea propone para el desarrollo de los informes del Pacto de los Alcaldes, una serie de pasos a seguir, que se estructuran básicamente en cuatro partes.

En primer lugar se sugiere la creación de las estructuras administrativas adecuadas a nivel del ayuntamiento, es decir a la creación de la institucionalidad necesaria, con los recursos físicos y humanos suficientes, para la coordinación de todos los actores implicados en la elaboración e implementación de las medidas.

En segundo lugar se plantea la elaboración de un inventario base de emisiones de gases de efecto invernadero. Este permitirá hacer una diagnosis energética para cuantificar y conocer las fuentes principales de emisiones de CO₂ del municipio. Para la elaboración del inventario, se debe definir un año base, el cual de preferencia debe ser lo más cercano al año 1990, sobre el cual se aplicarán los objetivos de reducción del 20% para el año 2020. Con el inventario base será posible dar prioridad a las emisiones más preocupantes, y permitirá identificar las acciones prioritarias que deben realizarse en el plan de acción.

La unión Europea propone unas líneas generales para que los ayuntamientos desarrollen una metodología de cuantificación de emisiones de CO₂, y estos pueden incluir todos los sectores para los que disponen datos suficientes o sean sectores de interés, sin embargo se recomienda que se incluyan en el inventario de emisiones la siguiente información clave:

Edificios, Equipamientos, Servicios e Industrias: Edificios municipales, sector terciario, doméstico, alumbrado público, las industrias y las pequeñas y medianas empresas, etc; Transporte: Flota municipal, transporte público, privado y comercial, etc.; La producción local de energía: cuantificar la energía hidroeléctrica, fotovoltaica, parques eólicos, cogeneración, etc. La calefacción y refrigeración del municipio, cogeneración, etc; La planificación urbana: Desarrollo de planes estratégicos de uso de suelo, el transporte y planes de la movilidad, normas para la renovación urbana, los nuevos desarrollos urbanos, etc.; La contratación pública de productos y servicios: Requisitos de eficiencia energética y energía renovables, normativas, etc; Concientización: Trabajo con los ciudadanos y las partes interesadas, servicios de asesoramiento, apoyo financiero y becas, sensibilización ciudadana y la creación de redes locales, la formación y la educación, etc.

El tercer paso corresponde la elaboración del documento que define un marco estratégico para los objetivos del 2020, este se denomina Plan de

Acción de Energía Sostenible (PAES), y es el documento principal que permite plantear las acciones concretas de reducción, los plazos y responsabilidades asignadas. Este informe debe presentarse un año después de haber firmado el Pacto, se debe incluir la participación de los sectores público y privado, de los interesados locales y de los ciudadanos. Además debe incluir una orientación sobre el proceso de aplicación de las propuestas de reducción, el proceso de aplicación de cada medida, la forma de ejecución en cuanto a tiempos, responsables y costes previstos.

El último paso es hacer un seguimiento y un informe de reporte de los progresos realizados para la reducción de emisiones. Este informe permite conocer la eficiencia de las medidas aplicadas, las dificultades en la implementación, los costes económicos reales y las emisiones reducidas, los logros y el desarrollo de acciones y medidas futuras.

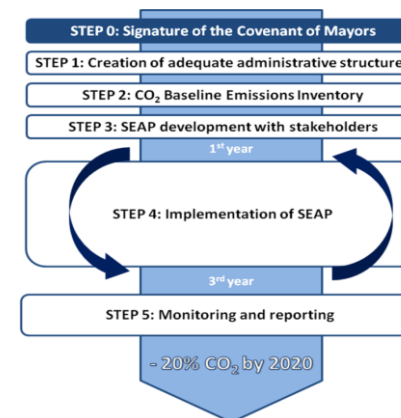


Figura 5. Esquema de los pasos para la aplicación del Pacto de los Alcaldes. Fuente: <http://www.eumayors.eu/>

Este trabajo se ordena a partir de las etapas del pacto de alcaldes, considerando los pasos dos y tres de la figura 5. Primero se propone una metodología para cuantificar emisiones, luego se realiza un inventario base de emisiones de CO₂, y por último se desarrollan las estrategias de reducción de emisiones o Plan de acción de energía sostenible (PAES).

Capítulo 2. Metodologías para la cuantificación de CO2.

Este capítulo tiene como objetivo conocer y proponer variables e indicadores para cuantificar emisiones de CO2 en un ámbito municipal, y se enfoca en el sector doméstico. Se hará una reflexión general de las posibilidades y metodologías para imputar emisiones de CO2 a un municipio. Posteriormente se analizará el programa informático llamado Desgel, el cual es la herramienta utilizada en la provincia de Barcelona para medir CO2, y finalmente se propondrán indicadores del sector doméstico para un ámbito municipal, y con la posibilidad de ser aplicados a cualquier municipio que quiera utilizar esta metodología.

2.1. Aspectos generales para la cuantificación de CO2 a escala municipal:

Para comprender de qué manera el municipio puede hacer frente a las emisiones de CO2 que actualmente se están emitiendo a la atmosfera, es necesario reflexionar sobre la naturaleza de las actividades humanas que están originando estas emisiones, y también sobre las posibilidades de control y actuación que el municipio tiene sobre estas actividades para reducir sus emisiones.

Como se ha explicado anteriormente, el dióxido de carbono es el gas de efecto invernadero de origen antropogénico más importante presente en la atmosfera, y es el principal causante del cambio climático. Este gas deriva principalmente del consumo de combustibles fósiles, que equivalen a más del 80% de la energía primaria consumida en el mundo. Estos combustibles son la base energética que permiten el metabolismo urbano de nuestras ciudades y sustentan el modelo productivo actual.

La escala de este modelo productivo y de consumo, el cual se basa en la fabricación y el consumo de bienes y servicios, se extienden mucho más allá de los límites del municipio, donde la obtención de las materias

primarias, la fabricación de productos, el transporte, comercio y desecho de estos ocurren a una escala regional, nacional o mundial. El municipio, por otra parte, tiene un ámbito de actuación que está muy bien definido y acotado territorialmente, y que está establecido por los límites administrativos municipales. Estos responden a una lógica de gestión del territorio a escala local, muy diferente a la lógica de gestión del modelo de consumo actual, que ocurren a escala global.

Como vemos, existen dos escalas que interactúan en el pacto de los alcaldes. La primera es la escala global del modelo de producción y de consumo actual, es decir el ámbito donde se están originando las emisiones de CO2, y la segunda es la escala local del territorio municipal, que es donde se aplicaran las propuestas de reducción de estas emisiones. Se vuelve necesario preguntarse entonces, ¿En qué momento o lugar de la producción de un bien o servicio (escala global), es más apropiado cuantificar las emisiones de CO2 para imputárselas a un municipio (escala local)?, o dicho de otro modo, ¿En qué etapa del recorrido de un producto desde la fabricación, el transporte, el consumo o el desecho, será más apropiado imputar las emisiones de CO2 producidas por la fabricación de este?

Las respuestas a estas preguntas es lo que se intentará aclarar en este capítulo, reflexionando sobre las posibilidades que existen para imputar emisiones.

Entre las posibilidades posibles para imputar las emisiones a un municipio, se pueden distinguir tres opciones. La primera opción es atribuir las emisiones de CO2 al municipio donde estas son físicamente emitidas, es decir al lugar de fabricación de un producto. La segunda y tercera opción atribuyen las emisiones, que fueron emitidas en la fabricación de un bien, al lugar donde se produjo su utilidad, es decir al lugar donde ese producto logro satisfacer la necesidad para la cual fue fabricado.

“Throughout the production of goods, greenhouse gas emissions are emitted. These emissions can be produced during the extraction process of raw materials, during the manufacture process, during the transport of the products, etc. and also during the use or consumption. CO2 emissions of the economic process can be considered in two different ways. The first one consists of attributing the emissions where they are physically emitted (P) and the second one consists of attributing the emissions, which were emitted in order to obtain a good or service, to its utility (U-C)”⁸.

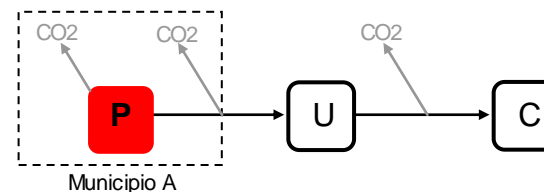
Como se ve en el texto citado anteriormente, las emisiones de CO2 pueden ser consideradas de tres maneras diferentes, desde donde las emisiones son físicamente emitidas, es decir desde la producción, (P), o desde donde se obtiene la utilidad de un bien o servicio, es decir desde la utilidad (U) o desde el consumo (C).

a. Medir y asignar emisiones a la Producción (P): Esta opción permite imputar la responsabilidad de las emisiones de CO2 al municipio donde estas se han emitido de forma directa, por ejemplo si un municipio fabrica un producto, las emisiones asociadas al consumo de energía en su fabricación serán imputadas a este municipio, sin considerar si estos bienes son consumidos dentro o fuera de él. El protocolo de Kioto utiliza este modelo, el cual asigna las emisiones al país que físicamente emite el CO2 (figura 6).

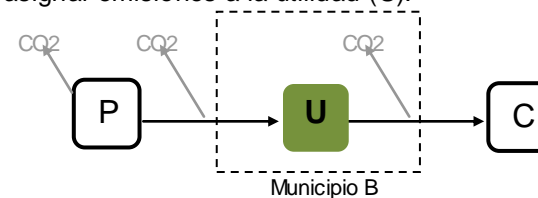
Uno de los aspectos positivos de esta opción es que la información para cuantificar estas emisiones es fácil de obtener, ya que las fábricas o empresas tienen un registro de sus consumos energéticos, al mismo tiempo pueden ser reglamentadas a través de leyes y/o normas originadas desde el ayuntamiento. Uno de los aspectos negativos se refiere a la elusión de responsabilidades por parte de los consumidores, ya que el

proceso productivo queda separado de éstos, en lo que se refiere a los impactos ambientales y sociales.

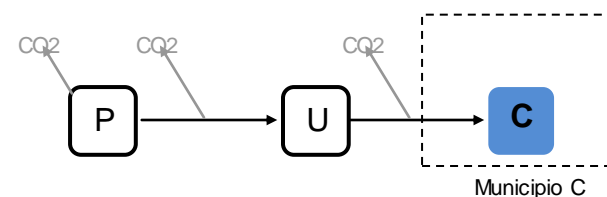
Medir y asignar emisiones a la producción (P):



Medir y asignar emisiones a la utilidad (U):



Medir y asignar emisiones al consumo (C):



Simbología:



Figura 6. Esquema de asignación de emisiones de CO2 a la producción (P), a la utilidad (U) o al consumo (C).

b. Medir y asignar emisiones al Consumo (C): Esta opción permite imputar la responsabilidad de las emisiones al municipio de residencia del

⁸ 45th ISOCARP Congress 2009. “A framework to take account of CO2 restrictions on municipal urban Planning”. A. Cuchí, J. Mourao, A. Pagés. (pag. 4)

consumidor de un producto. Esta opción cuenta la “mochila de carbono”, es decir todo el CO2 acumulado en todo el ciclo de vida de un producto, desde la adquisición de las materias primeras hasta su gestión como residuo. Esta forma de medir se asemeja a la utilizada por la Huella de Carbono, ya que asigna las emisiones provocadas por fabricación de un bien o servicio, a la comunidad que consume este producto.

Uno de los aspectos positivos de esta alternativa es que, al imputar la responsabilidad al consumidor, permitirá establecer propuestas que apunten a disminuir el consumo de bienes y servicios. Este es uno de los aspectos claves que propone el modelo de desarrollo sostenible, que plantea la satisfacción de necesidades bajo una perspectiva de responsabilidad ambiental, social y sin comprometer los recursos para las generaciones futuras.

“From the point of view of sustainability, the second way (U y C) to measure emissions is more appropriate than the first one since the second one considers the environment impact associated with final utilities, i.e. the environment impact associated with human needs. Measuring and limiting this impact is the right way to achieve “sustainable development” as it is defined in “Our Common Future” (1987)”⁹.

El mayor inconveniente que posee esta opción es la dificultad para obtener la información de todos los productos existentes en el mercado, ya que todo el ciclo de vida de estos ocurre en diferentes ciudades, países y con diferentes responsables a cargo del proceso de fabricación y comercialización. Otro aspecto a considerar es la dificultad de imputar todo el consumo de un individuo a un solo municipio, ya que una persona puede residir en uno, sin embargo puede estudiar, vacacionar y trabajar en otro municipio diferente.

c. Medir y asignar emisiones a la Utilidad (U): Esta opción imputa las emisiones al municipio donde se ha consumido la utilidad de un bien o servicio, independientemente si las emisiones se han producido físicamente en él o no. Esta perspectiva se sitúa en un punto intermedio entre las dos opciones anteriores, ya que permite trabajar desde un punto de vista cercano al consumo (C), pero asignándolas a un ámbito territorial determinado, en este caso el municipio donde se consume la utilidad de ese bien o servicio.

Esta última perspectiva se considera la más apropiada para cuantificar las emisiones de CO2 a un municipio, (sería la más opción más apropiada para el Pacto de los Alcaldes), ya que permite imputarlas al lugar donde se satisfacen las necesidades, aspecto clave del modelo de desarrollo sostenible, y permite asociar estas emisiones al ámbito territorial del municipio. Esta opción además podrá permitir al ayuntamiento sensibilizar a su comunidad para que tenga comportamientos más cercanos al modelo sostenible, con un consumo responsable, y actuando sobre las actividades que se desarrollan dentro de su territorio.

En la figura 7 se proponen sectores y subsectores para la cuantificación de las emisiones de CO2 a escala municipal desde la perspectiva U, en él se propone imputar todos los flujos de energía al gestor o responsable de cada uno de estos consumos, y al sector que obtiene la utilidad del consumo de un bien o servicio. Se proponen el sector doméstico, sector servicios, el sector infraestructuras, y el sector transporte. Este esquema posteriormente servirá de base para proponer en este trabajo un modelo de cuantificación de emisiones para el sector doméstico.

⁹45th ISOCARP Congress 2009. “A framework to take account of CO2 restrictions on municipal urban Planning”. A. Cuchí, J. Mourao, A. Pagés. (pag. 4)

Sectores municipales para la cuantificación de emisiones desde una perspectiva U.

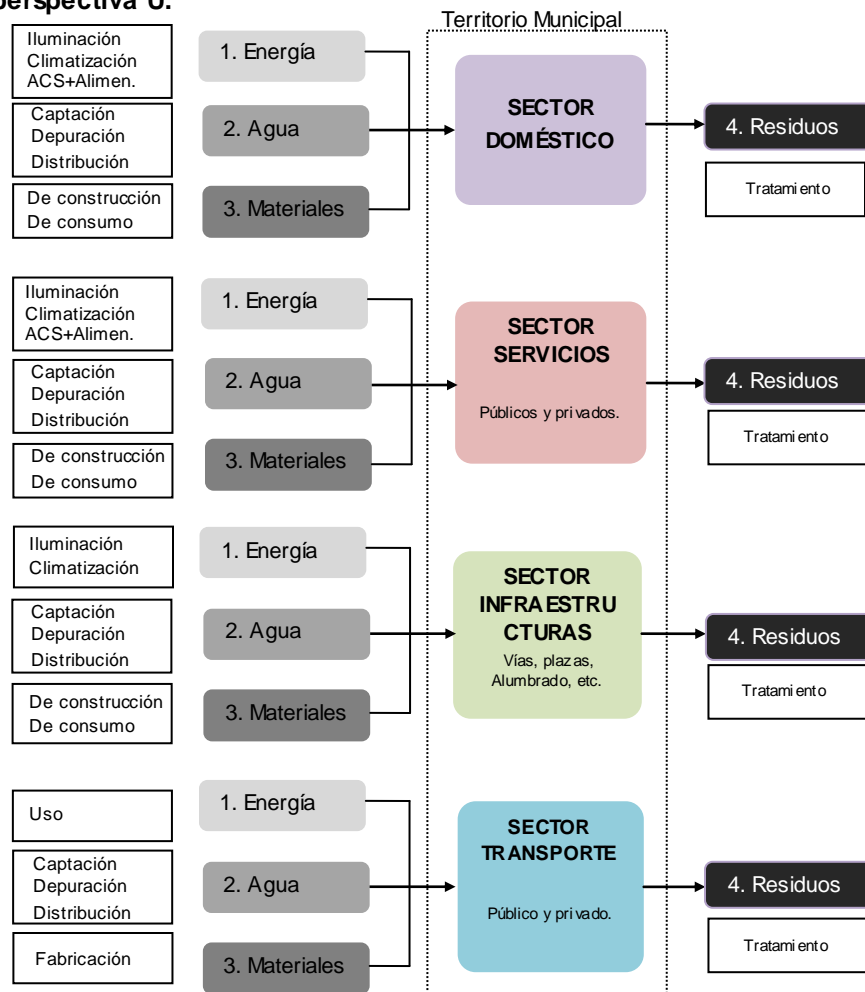


Figura 7. Propuesta de sectores para la contabilización de emisiones de CO2 municipales desde una perspectiva U. Fuente: Elaboración propia.

2.2. Caso de estudio. Herramienta para la cuantificación de CO2 municipal utilizado en la Provincia de Barcelona.

Programa de diagnóstico energético y de simulación de gases de efecto invernadero local (Desgel): Desgel es una herramienta para cuantificar CO2 que ha sido elaborada por la Diputación de Barcelona y permite elaborar balances energéticos municipales. Este programa proporciona una serie de indicadores y variables que entregan resultados anuales de consumos y generación de energía, consumos de agua, de residuos municipales, entre otros. Permite calcular las emisiones de CO2 asociadas a los consumos energéticos de un municipio, y agrupa los resultados en los sectores residencial, terciario, industrial, transporte, sector municipal, agua y residuos.

A continuación se describen los indicadores y variables propuestos por Desgel para el sector doméstico:

2.2.1. Indicadores y variables de Desgel para el sector doméstico:

Este programa propone tres indicadores que tienen relación con las emisiones de CO2 provenientes del sector doméstico. El primer indicador se denomina “emisiones de GEI derivadas del consumo energético del sector doméstico” y cuantifica las emisiones asociadas a los consumos de energía de las viviendas del municipio. El segundo indicador se denomina “Emisiones de GEI del consumo energético de las instalaciones supramunicipales” y se asigna al sector municipal (el sector que comprende los equipamientos municipales), mide las emisiones asociadas a los consumos energéticos de las instalaciones supramunicipales de tratamiento de residuos, y depuración y distribución de agua.

El tercer indicador se denomina “Emisiones de GEI derivadas de los residuos municipales”, se asigna al sector residuos y mide las emisiones de CO2 asociadas a los procesos químicos de los residuos sólidos. La

figura 8 muestra los sectores propuestos por Desgel para la cuantificación de emisiones municipales.

Sectores propuestos por Desgel:

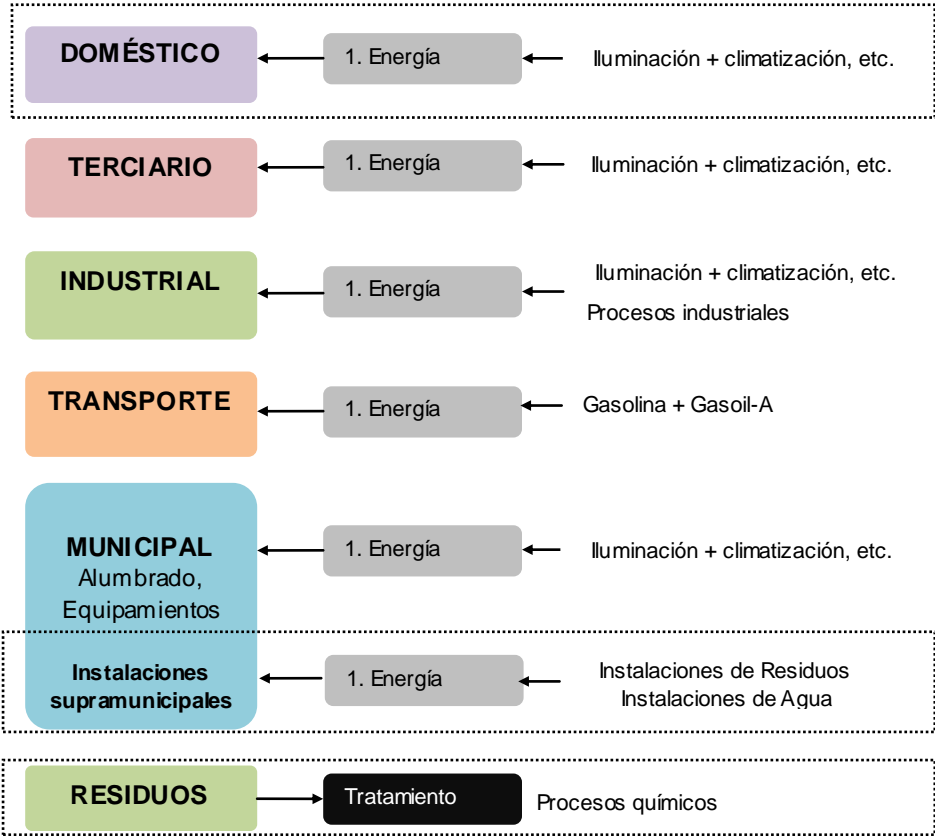


Figura 8. Esquema de sectores municipales propuestos por el programa Desgel. Enmarcados en línea segmentada negra están los sectores relacionados con el sector doméstico. Fuente: Elaboración propia.

A continuación se describirán los sectores propuesto por la herramienta Desgel, y que tienen relación directa con las emisiones del sector

doméstico. Se consideran para esta descripción los indicadores y variables que pudieran servir para una posterior propuesta de indicadores propia de este trabajo, y que considere una perspectiva de cuantificación de emisión desde la utilidad de bienes y servicios, (perspectiva U).

a. Emisiones de GEI derivadas del consumo energético del sector doméstico: Este indicador (Tabla 1) cuantifica las emisiones asociadas a los consumos energéticos de Electricidad, Gas Natural y Gas licuado de petróleo (GLP) de las viviendas del municipio.

1. SECTOR DOMÉSTICO		
Indicador 1: Emisiones territoriales de GEI derivadas del consumo energético del sector doméstico por habitante (t CO2/hab)		
$\frac{Ce * Fe + Cgn * Fgn + (Cglp B + Cglp P) * Fglp}{Pob * (1000000)}$		
Variables	Descripción	Fuente
Ce: Consumo eléctrico (KWh)	Consumo total de energía eléctrica medida en los contadores de cada vivienda abonada del municipio.	Instituto Catalán de Energía (ICAEN).
Fe: Factor de emisión de la electricidad (g CO2 eq /kWh)	Se asocia las emisiones emitidas en la generación de electricidad al lugar de consumo, corresponden al mix eléctrico español de cada año.	Red Eléctrica de España (REE) con Metodología Desgel.
Cgn: Consumo de gas natural (KWh).	Consumo total de gas natural medida en los contadores de cada vivienda abonada del municipio.	Instituto Catalán de Energía (ICAEN).
Fgn: Factor de emisión del gas natural(g CO2 eq /kWh).	Se considera constante con los años, e igual para todos los municipios que apliquen la metodología.	PMEB. Plan de mejora energética de Barcelona.
Cglp B: Consumo de GLP: Butano (KWh).	Ventas anuales de butano. Se considera que todo el butano vendido es para este sector.	Empresas distribuidoras de GLP del municipio.
C glp P: Consumo de GLP: Propano (KWh).	Ventas anuales de propano vendido a granel. Se considera que todo el propano vendido a granel es para el sector doméstico.	Empresas distribuidoras de GLP del municipio.
F glp: Factor de emisión del GLP (g CO2 eq /kWh).	Se considera constante con los años, e igual para todos los municipios que apliquen la metodología.	PMEB. Plan de mejora energética de Barcelona.
Pob: Población censada (Hab).	Población inscrita en el padrón municipal.	Instituto de Estadística de Cataluña, (Idescat).

Tabla 1. Indicador de emisiones de CO2 derivadas del consumo energético del sector doméstico propuesto por Desgel.

En el caso de la electricidad mide el consumo de energía de los contadores domiciliarios de cada abonado que hay dentro del municipio, y

lo multiplica por un factor de emisión del mix eléctrico¹⁰. Asocia las emisiones emitidas en la generación de electricidad (generalmente se producen lejos del lugar de consumo) imputándoselas al municipio donde esta se consume (es decir mide en U). Considera a la energía fotovoltaica como si esta se consumiera dentro de este municipio, sin embargo lo que ocurre en la realidad es que esta energía es entregada al sistema eléctrico Español.

En el caso del gas natural, contabiliza los consumos de los contadores domiciliarios, este combustible se consume en el mismo lugar donde se emite el CO2, por lo tanto en esta metodología se está midiendo tanto en (P) y (U).

En el caso del Glp, contabiliza las ventas de este combustible a nivel provincial (ya que actualmente no existe información disponible de las ventas a nivel municipal) ponderándolas por el número de habitantes de cada municipio. Finalmente le asigna un 61% del consumo de Glp al sector doméstico.

Este indicador no contabiliza las emisiones asociadas a otros combustibles como el carbón, los combustibles líquidos o la biomasa.

b. Emisiones de GEI del consumo energético de las instalaciones supramunicipales: Este indicador (Tabla 2) cuantifica los consumos de energía que necesitan las instalaciones supramunicipales para el tratamiento de residuos sólidos, para el tratamiento de residuos líquidos, y para la depuración de agua potable.

¹⁰ El factor del mix eléctrico variará cada año en función del tipo de tecnología y fuente de energía primaria utilizada para la producción eléctrica, este factor se calcula entonces en función del Mix eléctrico de cada año (la metodología para el cálculo del mix se explica en anexos 1).

2. INSTALACIONES SUPRAMUNICIPALES		
Indicador 3: Emisiones funcionales de GEI del consumo energético de las instalaciones supramunicipales por habitante (t CO2/hab).		
$\frac{[(Dc + Dc e) * FDC + (In + In e) * Fin + (Me + Me e) * FMe + (Co + Co e) * FCo] * Fe + (Vat * F at * Fe) + [Ca * F etap / (1 - (Pa/100)) * Fe]}{Pob * (1000000)}$		
Variables	Descripción	Fuente
Dc: Deposición controlada (t)	Residuos Municipales (RM) depositados en vertedero de residuos del propio municipio.	Agencia de residuos de Cataluña
Dc e: Deposición controlada exportados (t)	RM exportados para ser tratados en otros municipios.	Agencia de residuos de Cataluña
FDC: Factor de consumo de energía en deposición controlada (kWh/t).	Consumo de energía que es necesario para procesar una unidad de RM.	Agencia de ecología urbana de Barcelona.
In: Incineración (t)	RM incinerados en el municipio para generar energía	Agencia de residuos de Cataluña
In e: Incineración exportados (t)	Residuos exportados e incinerados en otros municipios	Agencia de residuos de Cataluña
Fin: Factor de consumo de energía en incineración (kWh/t).	Consumo unitario de energía que consume una incineradora por unidad de toneladas incinerada.	Agencia de ecología urbana de Barcelona.
Me: metanización (t)	RM metanizados para generar energía eléctrica.	Agencia de residuos de Cataluña
Me-e: metanización exportados (t)	RM exportados y metanizados en otros municipios.	Agencia de residuos de Cataluña
FMe: Factor de consumo de energía metanización (kWh/tn).	Consumo unitario de energía de una planta de metanización por unidad de toneladas metanizada.	Agencia de ecología urbana de Barcelona.
Co: Compostaje (t)	RM para compostaje aprovechable en la agricultura.	Agencia de residuos de Cataluña
Co-e: Compostaje exportado (t)	RM para compostaje exportados para otros municipios.	Agencia de residuos de Cataluña
FCo: Factor de consumo de energía compostaje (kWh/tn).	Consumo unitario de energía que tiene una planta de compostaje por unidad de toneladas tratada.	Agencia de ecología urbana de Barcelona.
V at: Volumen de agua tratada (m3)	Volumen de agua que es tratada por la EDAR.	Gestor Edar.
F edar= Factor de consumo de energía para agua tratada (kWh/m3).	Consumo unitario de energía por unidad de agua residual tratada.	Gestor EDAR.
Ca: Consumo de agua (m3).	Consumo total de la red de abastecimiento de agua.	Empresa suministradora de agua
F etap: Factor de consumo Etap/Desaladora (kWh/t).	Consumo unitario de energía por unidad de agua residual potabilizada/desalada.	ETAP y/o desaladora
Pa: Perdidas en la red de agua (%)	Volumen de agua que se pierde en el transporte de agua de la red de abastecimiento pública.	ETAP y/o desaladora
Fe: Factor de emisión de la electricidad (g CO2 eq kWh)	Mix eléctrico español.	Red Eléctrica de España (REE)
Pob: Población censada (Hab).	Población inscrita en el padrón municipal.	Instituto de Estadística de Cataluña, (Idescat).

Tabla 2. Indicador de emisiones de CO2 derivadas de instalaciones supramunicipales propuesto por Desgel.

En el caso de los residuos sólidos mide la energía que es necesaria para procesar una unidad de residuo (t), y considera todos los residuos de basura que no poseen una recogida selectiva, que pueden estar destinados a Deposición Controlada, Incineración, Compostaje o Metanización.

Para el tratamiento de agua residual y agua potable, mide la energía utilizada por la estación de depuración de agua residual (EDAR) o de la estación de tratamiento de agua potable (ETAP) para tratar o potabilizar una unidad (m3) de agua residual o agua potable respectivamente. Se cuantifican los residuos depositados en contenedores, pero sin distinguir si estos tienen un origen comercial o de doméstico.

c. Emisiones de GEI derivadas de los residuos municipales: Este indicador (Tabla 3) contabiliza las emisiones de GEI directas que emiten los residuos en los diferentes tratamientos a que son sometidos. Se cuantifican los residuos depositados en contenedores, pero sin distinguir si estos tienen un origen comercial o doméstico.

Este indicador imputa las emisiones asociadas al tratamiento de residuos del propio municipio, en el caso de que un municipio exporte emisiones o importe emisiones, estas se asignan al municipio que las origina, es decir imputa las emisiones al municipio que se beneficia de los servicios que originaron estas emisiones (mide U).

2.2.2. Observaciones generales del programa Desgel.

Con la herramienta Desgel es posible conocer los consumos energéticos y las emisiones de CO2 totales municipales y de cada sector, sin embargo para hacer propuestas de reducción de emisiones es necesario complementar la información entregada por esta herramienta con otros estudios que permitan tener un conocimiento más completo de los consumos de cada municipio, esto permitirá comprender con mayor detalle las fuentes que originan estas emisiones y así proponer alternativas de reducción.

3. RESIDUOS		
Indicador 3: Emisiones funcionales de GEI derivadas de los residuos municipales por habitante (t CO2/hab).		
$(Dc + Dc e) * [Dc ae * FDC ae + (1 - Dc ae) * FDC] + (In + In e) * Fin + (Me + Me e) * FMe + (Co + Co e) * FCo$		
Pob * (1000000)		
Variables	Descripción	Fuente
Dc: Deposición controlada (t)	Residuos Municipales (RM) depositados en vertedero de residuos del propio municipio.	Agencia de residuos de Cataluña
Dc e: Deposición controlada exportados (t)	RM exportados para ser tratados en otros municipios.	Agencia de residuos de Cataluña
Dc-ae: Proporción unitaria de RM con aprovechamiento energético [0 a 1].	La proporción unitaria (de 0 a 1) de RM de deposición controlada para aprovechamiento energético mediante la producción de Biogás para la generación de energía eléctrica.	Ayuntamiento
F Dc ae: Factor de emisión de RM con aprovechamiento energético (g CO2 eq /t RM)	Factor de emisión de los RM para deposición controlada que son aprovechados para la producción de Biogás, para la generación de energía eléctrica. El factor se considera constante para todos los municipios.	Agencia de ecología urbana de Barcelona.
F Dc: Factor de emisión de RM sin aprovechamiento energético (g CO2 eq /t RM)	Factor de emisión de los RM que no son aprovechados para la producción de Biogás. El factor se considera constante para todos los municipios.	Agencia de ecología urbana de Barcelona.
In: RM Incinerados (tn)	Residuos incinerados para generar energía eléctrica.	Agencia de residuos de Cataluña
In e: RM Incinerados exportados (tn)	Residuos exportados e incinerados en otros municipios.	Agencia de residuos de Cataluña
Fin: Factor de emisión del tratamiento de incineración (g CO2 eq /tn RM)	Emisiones de GEI asociadas al tratamiento de incineración de RM. El factor se considera constante para todos los municipios.	PMEB. Plan de mejora energética de Barcelona.
Me: RM metanizados (tn)	Residuos metanizados para generar energía eléctrica.	Agencia de residuos de Cataluña
Me e: RM metanizados exportados (tn)	Residuos exportados y metanizados en otros municipios.	Agencia de residuos de Cataluña
FMe: Factor de emisión de la metanización (g CO2 eq /t RM)	Emisiones de GEI asociadas al tratamiento de metanización de RM. El factor se considera constante para todos los municipios.	Agencia de ecología urbana de Barcelona.
Co: RM para Compostaje (t)	RM para compostaje aprovechable en la agricultura.	Agencia de residuos de Cataluña
Co e: RM para Compostaje exportados (t)	RM para compostaje exportados para otros municipios.	Agencia de residuos de Cataluña
FCo: Factor de emisión del compostaje g CO2 (eq /t RM)	Emisiones de GEI asociadas al tratamiento de compostaje de RM. El factor se considera constante para todos los municipios.	Agencia de ecología urbana de Barcelona.
Pob: Población censada (Hab)	Población inscrita en el padrón municipal.	Instituto de Estadística de Cataluña, (Idescat).

Tabla 3. Indicador de emisiones de CO2 derivadas de los residuos municipales propuestos por Desgel.

En el sector doméstico se consideran las emisiones asociadas a los consumos energéticos, de agua, y de residuos, sin embargo no se contabilizan las emisiones de CO2 asociadas a la energía gris¹¹ consumida en la fabricación de los materiales de la vivienda, ni de los bienes que se utilizan dentro de esta (alimentos, vestuario, electrodomésticos, mobiliario, etc.). No contabilizar estas emisiones para imputárselas al municipio que consume estos materiales, desde el punto de vista de la sostenibilidad y de este trabajo, no es la mejor opción, ya que se está eludiendo la responsabilidad que un municipio tiene por el consumo de estos productos.

2.3. Redefinición de indicadores para la cuantificación de emisiones de CO2 en el sector doméstico.

Como se ha dicho anteriormente, la opción más apropiada para cuantificar emisiones en el ámbito municipal es desde la perspectiva (U). Por este motivo se proponen para el sector doméstico, ámbito de estudio de esta tesina, los siguientes subsectores e indicadores para la cuantificación de emisiones de CO2 a escala municipal. El objetivo de los próximos indicadores es servir de guía para la cuantificación de CO2 del sector doméstico a nivel municipal, y que puedan ser aplicados a diferentes municipios, adaptándolos a la realidad energética y a la información disponible en cada uno de ellos.

Para definir indicadores y variables para el sector doméstico desde la perspectiva U, es necesario conocer primero la utilidad que tiene una vivienda, por ser esta el componente básico que conforma el sector doméstico.

Una vivienda tiene como principal propósito y utilidad brindar habitabilidad. Para lograr este objetivo utiliza una serie de materiales y elementos (flujo de materiales y energía) que permiten satisfacer la necesidad para la cual

ha sido construida, los materiales de construcción que permiten del aislamiento del exterior, las instalaciones de agua, de energía y de residuos. Además existe segundo nivel de materiales que se encuentran en una vivienda, que no son propiamente de ella, pero que de forma indirecta permiten el funcionamiento de esta, (alimentos, vestimenta, mobiliario, etc.), estos no han sido incluidos en la contabilización de CO2 de este trabajo.

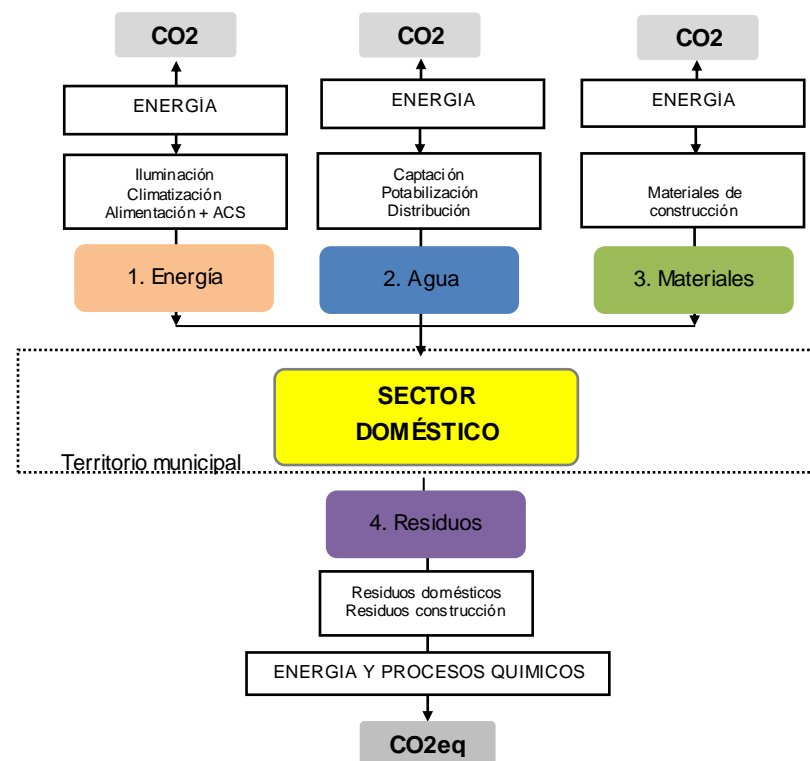


Figura 6. Esquema de subsectores propuestos para el sector doméstico que permiten cuantificar las emisiones desde una perspectiva U. Fuente: Elaboración propia.

¹¹ Energía gris: Cantidad de energía necesaria para la fabricación, transporte, almacenamiento, venta y eliminación de un producto.

2.3.1. Propuestas de indicadores:

A continuación se proponen una serie de indicadores y variables, tomando como referencia los indicadores de Desgel, y planteando una metodología de cuantificación desde la perspectiva de la utilidad (U).

a. Indicador 1. Energía. Emisiones de GEI del consumo energético del sector doméstico:

1. ENERGIA: Emisiones de GEI del consumo energético del sector doméstico (t CO2)		
$\frac{(C_e * F_e) + (C_{gn} * F_{gn}) + (C_{glp} * F_{glp}) + (C_{cl} * F_{cl}) + (C_c * F_c) + (C_{bio} * F_{bio})}{1000}$		
Formula		
Variables	Descripción	Fuente
Ce: Consumo eléctrico (KWh).	Consumo total de energía eléctrica medida en los contadores de cada vivienda abonada del municipio.	Instituto Catalán de Energía (ICAEN).
Fe: Factor de emisión de la electricidad (KgCO2 eq/KWh).	Se asocia las emisiones emitidas en la generación de electricidad al lugar de consumo. Corresponde al mix eléctrico.	Red Eléctrica de España (REE)
C gn: Consumo de gas natural (KWh).	Consumo total de gas natural medida en los contadores de cada vivienda abonada del municipio.	Instituto Catalán de Energía (ICAEN).
F gn: Factor de emisión del gas natural (KgCO2 eq/KWh).	Se considera constante con los años, e igual para todos los municipios que apliquen la metodología.	PMEB. Plan de mejora energética de Barcelona.
C glp: Consumo de GLP (KWh).	Consumo anuales de butano y propano para uso doméstico.	Empresas distribuidoras de GLP del municipio. Encuestas.
F glp: Factor de emisión del GLP (KgCO2 eq/KWh).	Se considera constante con los años, e igual para todos los municipios que apliquen la metodología.	PMEB. Plan de mejora energética de Barcelona.
C cl: Consumo combustibles líquidos (KWh).	Consumo anuales de combustibles líquidos para uso doméstico, tales como el gasóleo C, keroseno, etc.	Empresas distribuidoras de CL del municipio. Encuestas.
F cl: Factor de emisión de combustibles líquidos (KgCO2 eq/KWh).	Se considera constante con los años, e igual para todos los municipios que apliquen la metodología.	PMEB. Plan de mejora energética de Barcelona.
C c: Consumo de Carbon (KWh)	Consumo anuales de carbon para uso doméstico.	Empresas distribuidoras de carbon del municipio. Encuestas.
F c: Factor de emisión del carbon (KgCO2 eq/KWh).	Se considera constante con los años, e igual para todos los municipios que apliquen la metodología.	Plan de energías renovables para España 2005-2010
C bio: Consumo de Biomasa (KWh)	Consumo anuales de biomasa para uso doméstico.	Empresas distribuidoras de biomasa del municipio. Encuestas.
F bio. Factor de emisión de la Biomasa (KgCO2 eq/KWh).	Se considera constante con los años, e igual para todos los municipios que apliquen la metodología.	Plan de energías renovables para España 2005-2010

Tabla 4. Propuesta de indicador para la cuantificación de CO2 del consumo de energía del sector doméstico municipal. Fuente: Elaboración propia.

Este indicador (Tabla 4) cuantifica las emisiones de CO2 anuales asociadas a los consumos energéticos anuales del sector doméstico. Considera el consumo de la electricidad, gas natural, GLP (gas licuado del petróleo), combustibles líquidos (gasóleo C), carbón y biomasa y le asigna un factor de emisión de GEI a cada una de estas fuentes energéticas.

b. Indicador 2. Agua: Emisiones de GEI del consumo energético del ciclo del agua del sector doméstico:

Este indicador (Tabla 5) cuantifica las emisiones de CO2 anuales asociadas a los consumos energéticos de las instalaciones de tratamiento de depuración y distribución de agua potable, y de depuración del agua residual. Considera las instalaciones de abastecimiento de agua potable a escala municipal y no las particulares ni los pozos privados de escala domiciliaria, ya que estos consumos energéticos están contabilizados en el indicador de consumo energético del sector doméstico.

2. AGUA: Emisiones de GEI del consumo energético del ciclo del agua del sector doméstico.		
$\frac{[(C_a * F_{c ap} * F_e) / (1 - (P_a / 100))] + [V_{at} * F_{c at} * F_e]}{1000}$		
Formula		
Variables	Descripción	Fuente
Ca: Consumo de agua (m3).	Consumo total de la red de abastecimiento de agua potable.	Empresa suministradora de agua
Fc ap: Factor de consumo de energía del agua potable (kWh/m3)	Consumo unitario de energía que tiene una planta de tratamiento y distribución por unidad de agua potable.	Estación de tratamiento de agua potable.
F e: Factor de emisión de la electricidad (Kg CO2 eq /kWh)	Se asocia las emisiones emitidas en la generación de electricidad al lugar de consumo. Corresponde al factor del mix eléctrico.	Red Eléctrica.
Pa: Pérdidas en la red de agua (%)	Volumen de agua potable que se pierde en el transporte de agua de la red de abastecimiento publica.	Estación de tratamiento de agua potable.
V at: Volumen de agua residual	Volumen de agua residual tratada.	Estación de depuración de agua residual.
Fc at= Factor de consumo de energía para agua residual (kWh/m3).	Consumo unitario de energía por unidad de agua residual tratada.	Estación de depuración de agua residual.

Tabla 5. Propuesta de indicador para la cuantificación de CO2 del consumo de agua del sector doméstico municipal. Fuente: Elaboración propia.

c. Indicador 3. Residuos. Emisiones de GEI de las instalaciones de tratamiento de residuos (energéticos):

Este indicador cuantifica las emisiones de CO2 anuales asociadas a los consumos energéticos de las instalaciones de tratamiento de residuos (Tabla 6).

Cuantifica la energía que es necesaria para procesar una unidad de residuo (t), se consideran las instalaciones para la deposición controlada en vertederos, el tratamiento de incineración, de metanización y de compostaje. Se consideran los residuos tratados en el propio municipio y los exportados para ser tratados en otros municipios.

Considera las emisiones de los residuos de deposición controlada sin aprovechamiento energético y con aprovechamiento energético, este último utiliza el biogás que emana de los depósitos de residuos para la producción de energía eléctrica. Se cuantifican los residuos depositados dentro del municipio, como los exportados a otros municipios. No se consideran los residuos importados desde otros municipios.

d. Indicador 4. Residuos. Emisiones de GEI de los residuos municipales (procesos químicos):

Este indicador cuantifica las emisiones de los gases de efecto invernadero que se producen por los procesos químicos de los residuos municipales, dependiendo si tienen un tratamiento mediante compostaje, incineración, metanización o deposición controlada (Tabla 7).

Considera las emisiones de los residuos de deposición controlada sin aprovechamiento energético y con aprovechamiento energético, este último utiliza el biogás que emana de los depósitos de residuos para la producción de energía eléctrica. En este tipo de instalaciones se aprovecha un 40% de los gases de efecto invernadero, tales como el óxido nítrico (N2O) o el metano (CH4) para producción de energía eléctrica, y el resto va a la atmósfera.

3. RESIDUOS		
Indicador 1: Emisiones de GEI de las instalaciones de tratamiento de residuos del sector doméstico.		
$\frac{[(Dc * Fc_{dc}) + (Dc_{ae} * Fc_{Dc_{ae}}) + (In * Fc_{in}) + (Me * Fc_{me}) + (Co * Fc_{co})] * Fe}{1000}$		
Formula		
Variables	Descripción	Fuente
Dc: Deposición controlada (t)	Residuos Municipales (RM) para deposición controlada. Se consideran tanto los residuos depositados en vertederos del propio municipio, como los exportados a otros municipios.	Agencia de residuos, Ayuntamiento, empresa gestora de residuos
Fc _{dc} : Factor de consumo de energía en deposición controlada (kWh/t)	Consumo de energía que es necesario para procesar una unidad de RM de deposición controlada. Dependerá del tipo de tecnología que se utiliza en el tratamiento.	Agencia de residuos, Ayuntamiento, empresa gestora de residuos
Dc _{ae} : Deposición controlada con aprovechamiento energético (t)	Residuos Municipales (RM) para deposición controlada con aprovechamiento energético mediante la extracción de Biogás. Se consideran tanto los residuos depositados en vertederos del propio municipio, como los exportados a otros municipios.	Agencia de residuos, Ayuntamiento, empresa gestora de residuos
Fc _{Dc_{ae}} : Factor de consumo de energía de deposición controlada con aprovechamiento energético	Consumo de energía que es necesario para procesar una unidad de RM de deposición controlada con aprovechamiento energético. Dependerá del tipo de tecnología que se utiliza en el tratamiento.	Agencia de residuos, Ayuntamiento, empresa gestora de residuos
In: Incineración (t)	RM incinerados en el propio municipio o exportados a otros municipios incinerados para generar energía eléctrica.	Agencia de residuos, Ayuntamiento, empresa gestora de residuos
Fc _{in} : Factor de consumo de energía en incineración (kWh/tn)	Consumo unitario de energía que consume una incineradora por unidad de toneladas incinerada.	Agencia de residuos, Ayuntamiento, empresa gestora de residuos
Me: metanización (t)	Residuos metanizados para generar energía eléctrica. Se consideran los metanizados en el propio municipio y los exportados.	Agencia de residuos, Ayuntamiento, empresa gestora de residuos
Fc _{me} : Factor de consumo de energía metanización (kWh/tn)	Consumo unitario de energía de una planta de metanización por unidad de toneladas metanizada.	Agencia de residuos, Ayuntamiento, empresa gestora de residuos
Co: Compostaje (t)	RM para compostaje aprovechable en la agricultura. Se consideran los tratados en el propio municipio, como los exportados a otros municipios.	Agencia de residuos, Ayuntamiento, empresa gestora de residuos
Fc _{co} : Factor de consumo de energía compostaje (kWh/t)	Consumo unitario de energía que tiene una planta de compostaje por unidad de residuos tratados.	Agencia de residuos, Ayuntamiento, empresa gestora de residuos
Fe: Factor de emisión de la electricidad (Kg CO2 eq /kWh)	Se asocia las emisiones emitidas en la generación de electricidad al lugar de consumo. Corresponde al mix eléctrico.	Red Eléctrica.

Tabla 6. Propuesta de indicador para la cuantificación de CO2 del tratamiento de residuos del sector doméstico municipal. Fuente: Elaboración propia.

Alternativas para la reducción de emisiones de CO2 del sector doméstico del municipio de Santa María de Palautordera.

3. RESIDUOS		
Indicador 2: Emisiones de GEI de los residuos municipales.		
$\frac{[(Dc * F_{dc}) + (Dc_{ae} * F_{Dc_{ae}}) + (In * F_{in}) + (Me * F_{me}) + (Co * F_{co})]}{1000}$		
Formula		
Variables	Descripción	Fuente
Dc: Deposición controlada (t)	Residuos Municipales (RM) para deposición controlada. Se consideran tanto los residuos depositados en vertederos del propio municipio, como los exportados a otros municipios.	Agencia de residuos, Ayuntamiento, empresa gestora de residuos
F _{dc} : Factor de emisión deposición controlada (Kg CO2 eq /tn RM)	Factor de emisión de GEI asociadas a la deposición controlada que NO son aprovechados para la producción de Biogas.	Agencia de residuos, Ayuntamiento, empresa gestora de residuos
Dc _{ae} : Deposición controlada con aprovechamiento energético (t)	RM depositados en vertedero de residuos tanto del propio municipio como los exportados, y que son aprovechados energéticamente.	Agencia de residuos, Ayuntamiento, empresa gestora de residuos
F _{Dc_{ae}} : Factor de emisión de deposición controlada con aprovechamiento energético (Kg CO2 eq /tn RM)	Factor de emisión de GEI asociadas a la deposición controlada que son aprovechados para la producción de Biogas, para la generación de energía eléctrica.	Agencia de residuos, Ayuntamiento, empresa gestora de residuos
In: RM Incinerados (t)	RM incinerados en el propio municipio o exportados a otros municipios incinerados para generar energía eléctrica.	Agencia de residuos, Ayuntamiento, empresa gestora de residuos
F _{in} : Factor de emisión del tratamiento de incineración (Kg CO2 eq /tn RM)	Factor de emisión de GEI asociadas al tratamiento de incineración de RM.	Agencia de residuos, Ayuntamiento, empresa gestora de residuos
Me: RM metanizados (t)	Residuos metanizados para generar energía eléctrica. Se consideran los metanizados en el propio municipio, como los exportados a otros municipios.	Agencia de residuos, Ayuntamiento, empresa gestora de residuos
F _{me} : Factor de emisión de la metanización (Kg CO2 eq /tn RM)	Factor de emisión de GEI asociadas al tratamiento de metanización de RM.	Agencia de residuos, Ayuntamiento, empresa gestora de residuos
Co: RM para Compostaje (t)	RM para compostaje aprovechable en la agricultura. Se consideran los tratados en el propio municipio, como los exportados a otros municipios.	Agencia de residuos, Ayuntamiento, empresa gestora de residuos
F _{co} : Factor de emisión del compostaje (Kg CO2 eq /tn RM)	Factor de emisión de GEI asociadas al tratamiento de compostaje de RM.	Agencia de residuos, Ayuntamiento, empresa gestora de residuos

Tabla 7. Propuesta de indicador para la cuantificación de CO2 de los residuos del sector doméstico municipal. Fuente: Elaboración propia.

Se cuantifican los residuos depositados dentro del municipio, como los exportados a otros municipios. No se consideran los residuos importados desde otros municipios.

d. Indicador 5. Materiales de construcción. Emisiones de GEI de los materiales de construcción:

Este indicador cuantifica las emisiones de CO2 anuales asociada a los materiales empleados en la construcción de viviendas. Le asigna un factor de emisión de CO2 por superficie de vivienda, identificando dos tipologías, vivienda aislada y vivienda en bloque construidas al año indicador (Tabla 8).

El factor de emisión de vivienda plurifamiliar en bloque, se utiliza el informe “Estudio de las posibilidades de reducción de emisiones de CO2, y su aplicación en el proyecto de 60 viviendas en Tossa de Mar”, El cual indica que las emisiones para un edificio de referencia denominado “Edificio Bedec”.

En el caso de la vivienda unifamiliar aislada, se hace una estimación utilizando los valores del caso de estudio anterior, y se le aplica un factor de corrección a cada una de las partidas de obra de este, de acuerdo al volumen adicional de material que tiene una vivienda por cada unidad de superficie habitable. Las emisiones asociadas a los materiales para la construcción de una vivienda aislada es de 751,95 Kg CO2/m2, y de una vivienda en bloque es de 555,38 Kg CO2/m2. (ver anexo 2).

Capítulo 3: Análisis de propuestas de reducción de emisiones de CO2.

Este capítulo tiene como propósito conocer algunas propuestas y escenarios que se han desarrollado en la actualidad para la reducción de emisiones de CO2 en el contexto del Pacto de los Alcaldes. Se utilizará como casos de estudio los Planes de Energía Sostenible (PAES) de los municipios de Dublín, Vitoria-Gasteiz y Sitges.

En cada caso el análisis se presentará dividido en tres partes, en la primera se hace una descripción general de cada uno de los municipios, de la diagnosis energética y del inventario de emisiones de CO2, comparándolos con los inventarios de la Unión Europea, de España y de Cataluña. En la segunda parte se analizan las acciones propuestas por estos municipios para la reducción de emisiones de CO2 del sector doméstico, conociendo las características e impactos de cada una de ellas. En la última parte se describen los escenarios evaluados y las proyecciones para el año 2020 de cada municipio.

Estos municipios fueron seleccionados porque presentaban las propuestas más interesantes para analizar en el sector doméstico, contaban con la mayor cantidad de información necesaria para realizar un análisis más detallado, y permitían comparar propuestas y sus impactos a municipios de diferentes zonas territoriales, uno perteneciente a la Unión Europea, uno a España y otro a Cataluña.

4. MATERIALES		
Indicador 3: Emisiones de GEI de los materiales de construcción		
$\frac{S_{va} \cdot F_{va} + S_{vb} \cdot F_{vb} + S_{re} \cdot F_{er}}{1000}$		
Formula		
Variables	Descripción	Fuente
S _{va} = Superficie vivienda unifamiliar aislada (m2)	Superficie total de viviendas unifamiliar aislada del municipio que se han construido en un año	Ayuntamiento.
F _{va} = Factor de emision vivienda aislada (Kg CO2 eq/m2)	Emisiones de CO2 de los materiales de construcción utilizados para un m2 de vivienda unifamiliar aislada.	ITEC, Proyecto BEDEC, CIES.
S _{vb} = Superficie vivienda en bloque (m2)	Superficie total de viviendas en bloque del municipio que se han construido en un año	Ayuntamiento.
F _{vb} = Factor de emision vivienda en bloque (Kg CO2 eq/m2)	Emisiones de CO2 de los materiales de construcción utilizados para un m2 de vivienda en bloque.	ITEC, Proyecto BEDEC, CIES.

Tabla 8. Propuesta de indicador para la cuantificación de CO2 de los materiales de construcción del sector doméstico municipal. Fuente: Elaboración propia.

3.1. Descripción general de los Planes de Acción de energía sostenible (PAES).

a. Municipio de Vitoria y Gasteiz.



Figura 7. Foto aérea del municipio de Vitoria y Gasteiz.
Fuente: Google earth.

Descripción del municipio:

Ubicación: Provincia de Álava. España.
Población: 230.585 hab (2006).
Superficie municipal: 27.800 ha
Superficie urbana: 3.298,1 ha
Densidad urbana: 70,5 hab/ha
Superficie rural: 24.501,9 ha
Altitud respecto al nivel del mar: 525 m.
Temperatura media: 11,4 °C
Precipitación media mensual: 68,6 mm

Descripción del Plan de acción de Vitoria y Gasteiz:

El Plan de acción está contenido dentro del estudio “Estrategia de lucha contra el cambio climático de Vitoria-Gasteiz”, fue elaborado en el año 2009 por la agencia de Ecología Urbana de Barcelona en conjunto con el ayuntamiento de Vitoria y Gasteiz.

b. Municipio de Dublín.



Figura 8. Foto aérea del municipio de Dublín.
Fuente: Google earth.

Descripción del municipio:

Ubicación: Provincia de Leinster. Irlanda.
Población: 505.739 hab. (2006).
Superficie municipal: 114,99 Km2
Superficie urbana: 921 Km2
Densidad urbana: 549,1 hab/Km2
Altitud respecto al nivel del mar: 68 m.
Temperatura media: 9,6 °C
Precipitación media anual: 732,7 mm

Descripción del Plan de acción de Dublín:

El documento analizado se denomina “Plan de acción de energía de Dublín” fue terminado en el año 2008 y realizado por el ayuntamiento de esa ciudad en asociación con la empresa Codema, creada por este para el asesoramiento en temas energéticos.

c. Municipio de Sitges.



Figura 9. Foto aérea del municipio de Sitges.
Fuente: Google earth.

Descripción del municipio:

Ubicación: Provincia de Barcelona. España
Población: 24.470 hab. (2005).
Superficie municipal: 4380 ha
Superficie urbana: 394 ha
Densidad urbana: 70,22 hab/ha.
Altitud respecto al nivel del mar: 10 m.
Temperatura media: 16,3
Precipitación media mensual: 41,75 mm

Descripción del Plan de acción de Sitges:

Este Plan de acción fue terminado en noviembre del 2009 y fue desarrollado en conjunto por el ayuntamiento de Sitges, la Diputació de Barcelona y la empresa consultora ENT, Mediambient i Gestió. La metodología para cuantificación de emisiones corresponde, en parte, a la utilizada por Desgel.

3.1.1. Diagnósis energética municipal:

Consumo energético municipal [MWh]

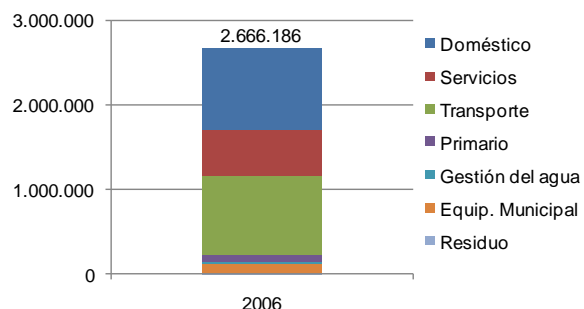


Gráfico 1. Consumo energético municipal del año 2006 en Vitoria y Gasteiz. Fuente: Elaboración propia con información del PAES de Vitoria-Gasteiz.

Año Base¹²: 2006.

El consumo energético total del año base fue de 2.666.186 MWh, destacando el sector doméstico como el más consumidor de energía con **965.330 MWh** que representa el 36% del total, y en segundo lugar está el sector transporte. Los sectores que menos consumen son el sector Residuos, Primario y Ciclo hidrológico (figura 1). El sector doméstico mide el consumo anual de energía eléctrica, derivados del petróleo y de gas natural. No considera las emisiones asociadas al consumo de gas licuado de petróleo (glp), carbón, o materiales de construcción. El consumo energético municipal total por habitante fue de 11,6 MWh/hab al año.

Consumo energético municipal [MWh]

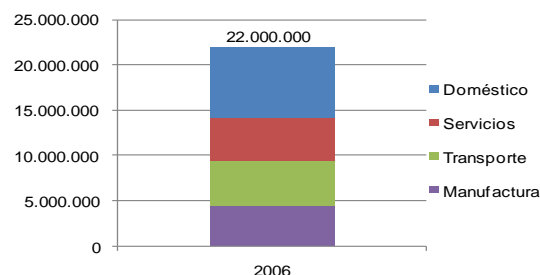


Gráfico 2. Consumo de energía municipal del año 2006 en Dublín. Fuente: Elaboración propia con información del PAES de Dublín.

Año Base: 2006.

Dentro del sector servicios se consideran los equipamientos municipales. No se considera las emisiones asociadas al agua, al sector primario ni a los residuos. Destaca el sector doméstico como el que más energía consume, con un total de **7.800.000 MWh** que representa el 35% del total. Se considera la energía utilizada para la calefacción, calentamiento de agua, ventilación e iluminación, menos ahorro de las tecnologías de generación de energía. En la metodología de cuantificación del consumo de energía de Dublín se definen unos consumos estándar por tipo de viviendas de acuerdo al año de construcción, y se aplica al número de viviendas construidas en cada periodo.

Consumo energético municipal [MWh]

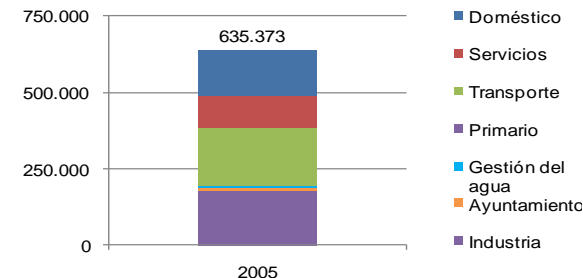


Gráfico 3. Consumo de energía municipal del año 2005 en Sitges. Fuente: Elaboración propia con información del PAES de Sitges.

Año Base: 2005.

El sector transporte considera el transporte privado. El sector ayuntamiento incluye equipamientos municipales, el alumbrado y el transporte público. El sector doméstico se encuentra en el segundo lugar del consumo energético municipal con **149.538 MWh** (23,5%), y se cuantifica el consumo de energía eléctrica, glp, y gas natural de las viviendas del municipio.

Para los escenarios de reducción de emisiones no se consideran los sectores industrial ni primario. Sobre estos sectores no se harán propuestas de reducción de emisiones en el Plan de Energía Sostenible de Sitges.

El consumo energético municipal por habitante fue de 25,5 MWh/hab al año.

¹² El año base corresponde al año sobre el cual se aplican los objetivos de reducción del 20% de las emisiones de CO2 para el año 2020.

3.1.2. Inventario base de emisiones de CO2:

Emisiones de CO2 municipal y sector doméstico [t CO2 eq]

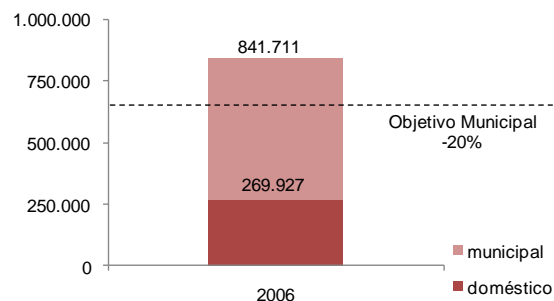


Gráfico 4. Emisiones de CO2 del sector doméstico y total municipal año 2006. Fuente: Elaboración propia con información del PAES de Vitoria-Gasteiz.

Las emisiones totales municipales del año base 2006 fueron de **841.711 t CO2 eq**. Para lograr el objetivo de reducción del 20% de las emisiones totales municipales deberán ser de 673.368 t CO2 eq para el año 2020.

El sector doméstico es el que presenta la mayor cantidad de emisiones con un total de **269.927 t CO2 eq**, que corresponden al 33% del total municipal. Este es, por lo tanto, uno de los sectores que presenta las mejores posibilidades para plantear un escenario de eficiencia energética (gráfico 4).

Las emisiones de CO2 por habitante fueron de 3,7 t CO2 eq/hab. en el año 2006.

Emisiones de CO2 municipal y sector doméstico [t CO2 eq]

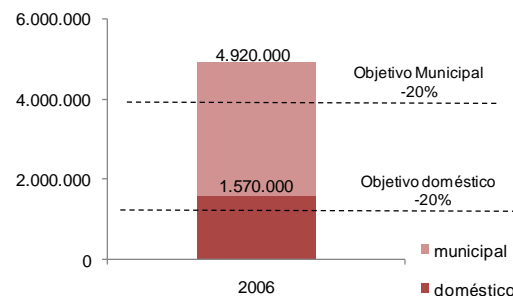


Gráfico 5. Emisiones de CO2 del sector doméstico y total municipal año 2006. Fuente: Elaboración propia con información del PAES de Dublín.

Las emisiones totales municipales del año 2006 fueron de **4.920.000 t CO2 eq**. El sector doméstico es el que tiene la mayor cantidad de emisiones de todos los sectores municipales, con un 33% y 1.570.000 t CO2 anuales (gráfico 5), esta seguido por el transporte con 25% y servicios con el 23%. Además este sector ofrece el máximo potencial de ahorro, con un costo relativamente bajo.

En este plan de acción se propone un reparto del esfuerzo de reducción, es decir que cada sector reduzca en un 20% sus emisiones de CO2. El sector doméstico deberá emitir un máximo de 1.256.000 t CO2 eq.

Las emisiones de CO2 por habitante fueron de 9,7 t CO2 eq/hab. en el año 2006.

Emisiones de CO2 municipal y sector doméstico [t CO2 eq/año]

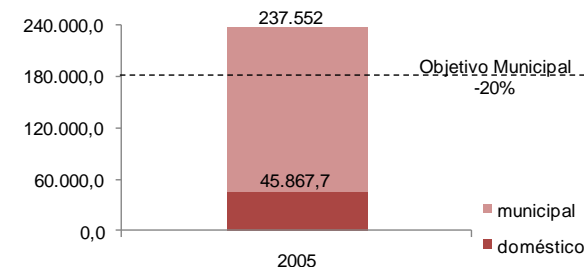


Gráfico 6. Emisiones de CO2 del sector doméstico y total municipal año 2005. Fuente: Elaboración propia con información del PAES de Sitges.

En el año base 2005 se emitieron **237.552,5 t CO2 eq** a nivel municipal (gráfico 6), el sector doméstico posee unas emisiones de **45.867,7 t CO2eq**. que representan el 19,3% del total, ocupando el tercer lugar después del sector industrial y el sector transporte.

Para lograr el objetivo de reducción del 20%, las emisiones totales deberán ser de 190.041 t CO2 eq para el año 2020.

Estas emisiones por habitante fueron de 9,7 t CO2 eq/hab para el año 2005.

3.1.3. Síntesis de consumos energéticos y emisiones de CO2 por habitante.

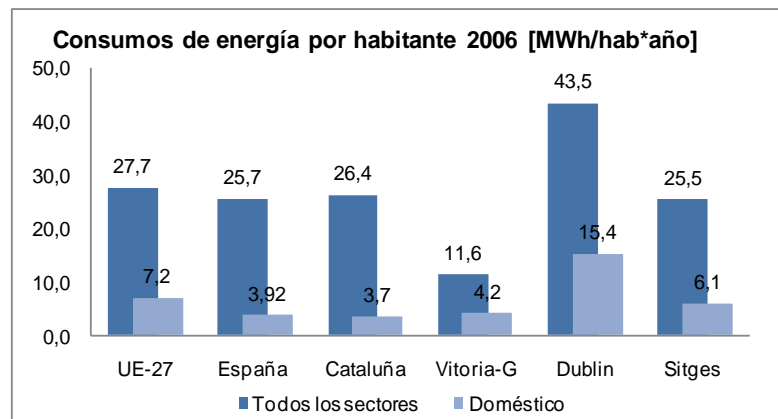


Gráfico 7. Consumos de energía por habitante de todos los sectores y doméstico del años 2006 de la Unión Europea (UE-27), España, Cataluña, Vitoria y Gasteiz, Dublín y Sitges¹³.

Consumo de energía por habitante: Para el cálculo del consumo de energía de la Unión Europea, de Cataluña y España se utilizó la energía final consumida para el año 2006, dividido por la población de ese año. Destaca Dublín con un alto consumo energético per cápita, tanto para el total municipal con 43,5 MWh/hab al año, como para el sector doméstico 15,4 MWh/hab. En segundo lugar se encuentra el municipio de Sitges con 25,5 MWh/hab al año, con valores muy cercanos a los de la unión europea, España y Cataluña. En el caso del municipio de Vitoria y Gasteiz, este en su metodología de cuantificación no incluye el consumo energético del sector industrial, a diferencia de los otros municipios, por eso presenta valores inferiores a estos.

¹³ Para Sitges se considera el año 2005. Vitoria y Gasteiz no se consideran las emisiones de CO2 del sector industrial. Los valores corresponden a los consumos de energía final. Fuentes: Idescat, INE, E4, Eurostat 2009, PAES municipales.

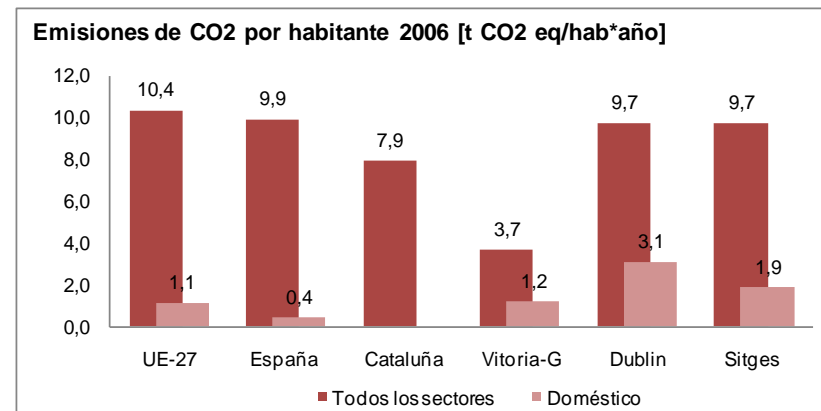


Gráfico 8. Emisiones de CO2 por habitante de todos los sectores y doméstico del años 2006 de la Unión Europea (UE-27), España, Cataluña, Vitoria y Gasteiz, Dublín y Sitges¹⁴.

Emisiones de CO2 por habitante: Destacan Dublín y Sitges como los municipios que más emiten CO2 por habitante. Aunque Sitges tiene un menor consumo de energía, sus emisiones totales por habitante son iguales a las de Dublín, esto puede deberse a que el mix eléctrico de Dublín presenta un mayor uso de energías con bajas emisiones de CO2 (gas natural, eólica, solar, nuclear). En el caso de Sitges, se considera la población censada, sin embargo existe un número importante de población que no se contabilizan debido a que no está empadronada en el municipio (por motivos de turismo o segunda residencia).

Destaca el municipio de Vitoria Gasteiz como el de menos emisiones por habitante en el sector doméstico, con 1,2 t CO2/hab.

¹⁴ Para Sitges se considera el año 2005. Vitoria y Gasteiz no se consideran las emisiones de CO2 del sector industrial. Los valores corresponden a los consumos de energía final. Fuentes: Idescat, INE, E4, Eurostat 2009, PAES municipales.

3.2. Plan de acción del municipio de Vitoria y Gasteiz.

3.2.1 Descripción general.

El ayuntamiento de Vitoria y Gasteiz se ha destacado por su preocupación en la elaboración de programas y planes para reducir el impacto ambiental de su municipio. Es así como en el año 2008 recibió el premio IDAE, otorgado por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo de España, por su trabajo en la elaboración de propuestas para optimizar el consumo energético del sector doméstico municipal. Además, cuenta con planes e iniciativas para la mejora energética y la reducción de emisiones, tales como el Plan local de la energía 2007-2012, el Plan de movilidad urbana, y varias experiencias para la reducción del consumo energético de las viviendas del municipio, razones por las cuales se convierte en un caso de estudio interesante de analizar.

Las propuestas del Plan de acción a nivel municipal se dividen en tres grandes grupos. Las primeras proponen acciones para reducir las emisiones de GEI mediante una disminución de la demanda energética, estas acciones buscan disminuir la cantidad de energía necesaria para satisfacer las distintas necesidades del municipio.

El segundo grupo de propuestas tienen como objetivo una mayor independencia energética, mediante la producción energética con renovables. Este grupo de medidas es necesario proponerlo después de haber reducido la demanda energética, así la energía que se necesita cubrir con estos sistemas es menor, con un uso más eficiente. En estos dos casos se describen las acciones que son propuestas directamente para el sector doméstico. El tercer grupo de propuestas evalúa la capacidad que tiene el municipio para la captación de CO2 a través de sumideros naturales mediante el territorio forestal municipal y a través del verde urbano. Este último grupo de propuestas no será abordado por este

trabajo, ya que no tiene incidencia directa en propuestas para el sector doméstico.

3.2.2. Acciones para la reducción de emisiones de CO2 y para la producción de energías renovables en el sector doméstico:

A continuación se presenta una tabla síntesis de un total de 16 acciones del plan de acción de Vitoria y Gasteiz, tanto de reducción de emisiones, como de producción energética con renovables (Tabla 9). Esta tabla entrega información del ahorro de energía, del ahorro de emisiones de CO2 y del coste económico de cada acción, tanto del total municipal como por unidad de vivienda intervenida. Posteriormente se analizarán todas las acciones desde un punto de vista cuantitativo, evaluando y valorando cada una desde dos enfoques diferentes. El primero permite valorar las acciones por la cantidad de emisiones de CO2 que cada una ahorra al año. El segundo permite valorarlas por los costes económicos de cada una, conociendo la cantidad de dinero que es necesaria para ahorrar una unidad de CO2 con cada acción al año (variable costo/eficiencia).

Las acciones se ordenan desde aquellas que tienen el mayor impacto total en la reducción de emisiones de CO2 (es decir considerando su aplicación a todo el municipio) hasta aquellas que tienen el menor impacto total. Este análisis permitirá conocer y valorar a aquellas propuestas que permiten el mayor ahorro de emisiones.

Los valores presentados en el gráfico 9 corresponden al impacto de cada acción para este municipio en particular, y nos permiten tener una primera aproximación a la cuantificación y al impacto o “tamaño” de reducción de CO2 de cada acción, que servirán para posteriormente tomar decisiones de propuestas de reducción.

Alternativas para la reducción de emisiones de CO2 del sector doméstico del municipio de Santa María de Palautordera.

Acciones de reducción de emisiones del sector doméstico del municipio de Vitoria y Gasteiz.

ACCIONES DE REDUCCION DE EMISIONES			AHORRO DE ENERGIA		AHORRO DE EMISIONES		COSTES		COSTO /EFICIENCIA
Nº	TITULO	OBJETIVO	VIVIENDA (MWh/ vivienda año)	TOTAL (MWh/año)	VIVIENDA (t CO2 eq/ vivienda año)	TOTAL (t CO2 eq/año)	VIVIENDA (€/vivienda)	TOTAL (€)	TOTAL (€/ t CO2 eq)
Nº 1	Iluminación de bajo consumo.	100 % de las viviendas (89.570)	0,43	38.450	0,16	14.609	128,0	11.464.960	784,8
Nº 2	Certificación tipo A en vivienda pública.	21320 viviendas	1,63	34.680	0,42	8.906	10000,1	213.202.500	23.939,2
Nº 3	Rehabilitación de edificios previos al NBE-CT-79.	20000 viviendas	2,18	43.660	0,44	8.854	8200,0	163.995.333	18.522,2
Nº 4	Sistemas de ahorro de agua.	30.000 viviendas	1,33	39.930	0,27	8.098	100,0	3.000.000	370,5
Nº 5	Instalación de electrodomésticos de clase A.	20.000 viviendas	0,74	14.870	0,28	5.649	1120,0	22.400.000	3.965,3
Nº 6	Aumentar la exigencia del CTE en la captación de energía solar térmica.	100% de las viviendas nuevas (28.427)	0,53	13.450	0,11	2.779	615	17.490.386	6.292,7
Nº 7	Renovar las instalaciones eléctricas.	15.000 viviendas	0,48	7.200	0,18	2.736	5000,0	75.000.000	27.412,3
Nº 8	Mejoras de calderas de condensación individuales.	10.000 viviendas	1,15	11.540	0,23	2.339	2000,0	20.000.000	8.550,7
Nº 9	Mejoras de calderas en edificios con calefacción central.	10.000 viviendas	1,15	11.540	0,23	2.339	1400,0	14.000.000	5.985,5
Nº 10	Ventanas eficientes energéticamente.	10.000 viviendas	0,91	9.130	0,19	1.851	3250,0	32.500.000	17.558,1
Nº 11	Medidas fiscales para favorecer el uso de tecnologías eficientes y renovables.	5 % de la población	No cuantificado	13.870	No cuantificado	1.803	No cuantificado	No cuantificado	No cuantificado
Nº 12	Mejorar los hábitos energéticos.	10 % de las viviendas (8.957)	0,73	6.500	0,19	1.686	No cuantificado	No cuantificado	No cuantificado
Nº 13	Subvencionar la instalación de sistemas para energías renovables.	5% de las viviendas existentes (5038)	1,3	6.500	0,33	1.662	N / C	No cuantificado	No cuantificado
Nº 14	Incorporar energía fotovoltaica.	100% de las viviendas nuevas (28.427)	0,10	2.842	0,04	1.080	650	18.477.550	17.108,8
Nº 15	Rehabilitación de fachadas.	700 viviendas	2,19	1.530	0,44	310	8200,0	5.739.837	18.515,6
Nº 16	Aplicar criterios de eficiencia en el urbanismo.	Futura vivienda	No cuantificado	No cuantificado	No cuantificado	No cuantificado	No cuantificado	No cuantificado	No cuantificado
TOTAL			14,85	255.692	3,52	64.701	40663,4	597.270.566	149.005,5

Tabla 9. Síntesis de acciones de reducción de emisiones de CO2 del sector doméstico del municipio de Vitoria y Gasteiz. Fuente: Elaboración propia con información del PAES de Vitoria-Gasteiz.

Ahorro de emisiones del sector domésticos cada acción al año del municipio de Vitoria y Gasteiz (t CO₂/año y %)

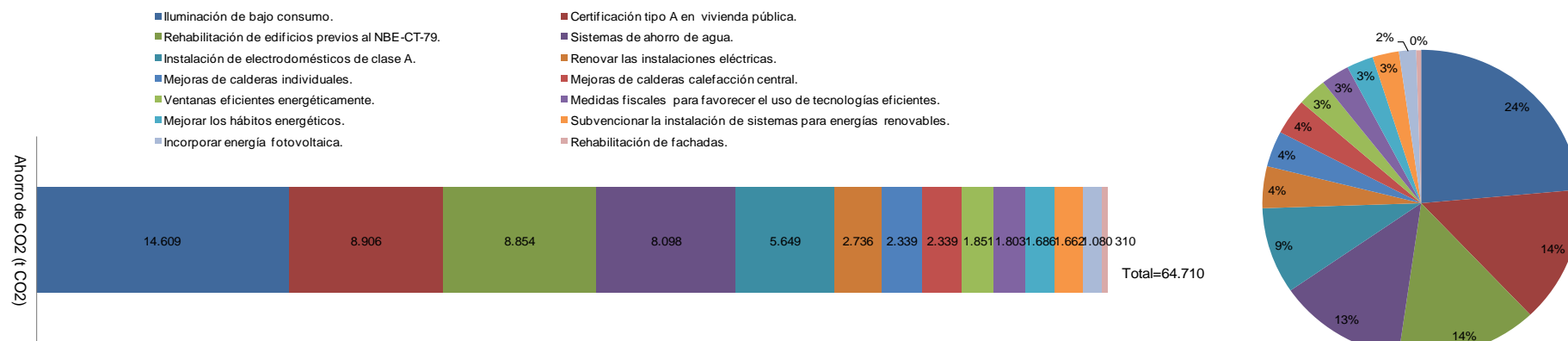


Gráfico 9. Ahorro de emisiones de cada acción, ordenadas desde las que más ahorran, hasta las que menos ahorran en el total municipal en Vitoria y Gasteiz. Valores en (tnCO₂ /año) y (%).

1. Iluminación de bajo consumo: Permite el mayor ahorro a nivel municipal, y propone la instalación de bombillas incandescentes en el 100% de las viviendas de aquí al 2020¹⁵. Esta acción provoca una baja reducción para cada vivienda aplicada (0,16 t CO₂/viv*año), pero debido a sus posibilidades de instalación en un número importantes de viviendas, y debido a su bajo coste económico, es que se convierte en la acción que más ahorra en este municipio (14.609 t CO₂/año), y es la más utilizada en planes de acción. Además tienen una dificultad de implementación muy baja, ya que no necesitan ninguna modificación de las instalaciones de la vivienda.

¹⁵ Estas bombillas ahorran el 80% de energía en comparación con una convencional. Se espera la eliminación completa de la fabricación de estas para el año 2012, según normativa de la Unión Europea.

2. Certificación tipo A en vivienda pública¹⁶: Plantea mejorar la certificación energética de las viviendas nuevas de protección oficial, pasando de la certificación B (exigida actualmente para este municipio), a una certificación A. Esto podría aplicarse a 21.300 viviendas nuevas de aquí al 2020. Hay que tener en cuenta que esta acción se plantea sobre viviendas que aún no han sido construidas, por lo tanto se está logrando un “ahorro” que no es real, debido a que estas emisiones igualmente se sumaran a las existentes durante la construcción y uso de estas viviendas.

3. Rehabilitación de edificios previos al NBE-CT-79: Esta acción plantea la rehabilitación de los edificios construidos previos al NBE-CT-

¹⁶ En España se certifica la eficiencia energética de las viviendas nuevas, mediante una etiqueta energética que va desde la clase A, para los energéticamente más eficientes, a la clase G, para los menos eficientes.

79¹⁷ con el objetivo de intervenir 20.000 viviendas para el año 2020. Se plantea mejorar el aislamiento térmico de muros, cubiertas, ventanas y cerramientos, según la necesidad de cada vivienda. Esta acción es la que logra el mayor ahorro de emisiones por vivienda intervenida al año (0,44 t CO2 / viv * año) y también una de las que tiene el mayor ahorro total (8.800 t CO2 / año). Sin embargo su dificultad de implementación es alta, debido a las molestias que puede ocasionar a las personas que habitan las viviendas durante su instalación.

4. Sistemas de ahorro de agua: Esta acción propone la instalación de aireadores y reductores de caudal en los grifos de agua caliente¹⁸, lo que produce un ahorro del combustible para agua caliente sanitaria (ACS). El objetivo de esta acción es aplicarlo a 30.000 viviendas antes del 2020. Esta medida mediante la instalación de un pequeño dispositivo logra un gran ahorro de agua, de energía y de emisiones (0,23 t CO2 / viv * año). Su facilidad de implementación le permite ser aplicada a un número importante de viviendas del municipio, lográndose un ahorro total de 8.100 t CO2 / año.

5. Instalación de electrodomésticos de clase A: Esta acción propone mejorar la etiqueta energética¹⁹ de los electrodomésticos poco eficientes desde clase D, a equipos más eficientes de clase A. Se estima cambiar una nevera, un lavavajillas, una lavadora y un horno para un total de 20.000 viviendas de aquí al 2020, ahorrando un total de 5.649 t CO2/año.

6. Aumentar la exigencia del CTE en la captación de energía solar térmica: Esta acción propone aumentar la exigencia del Código técnico

¹⁷ NBE-CT-79: Norma de edificación sobre condiciones térmicas de los edificios, que se comenzó aplicar en España desde el año 1979.

¹⁸ Estos pueden ahorrar hasta un 50% de agua de por cada grifo.

¹⁹ La etiqueta energética permite conocer los niveles de eficiencia energética de los electrodomésticos que se utilizan en la vivienda, los aparatos se etiquetan con una letra que va desde la A (el más eficiente) a la G (el menos eficiente).

de la edificación²⁰ (CTE) en la captación de energía solar térmica (del 30% que se exige actualmente, a un 50% propuesto) para agua caliente sanitaria (ACS) en las viviendas de nueva construcción. Esta acción tiene un ahorro por vivienda bajo (0,11 t CO2 / viv * año) ya que solo se contabiliza el 20% de aumento de la captación. Sin embargo su impacto aumenta en el total municipal, ya que se aplica a todas las viviendas nuevas de aquí al 2020, logrando un ahorro total de 2.700 t CO2/año.

7. Renovar las instalaciones eléctricas: Esta acción propone renovar las instalaciones eléctricas antiguas, mejorando la seguridad y la eficiencia energética de las instalaciones de más de 25 años. Esta acción tiene un ahorro de 2.700 t CO2/año.

8. Mejoras de calderas de condensación individuales: Se propone el reemplazo de calderas convencionales para agua caliente sanitaria y calefacción, por otras calderas de condensación que tiene un mejor rendimiento energético. Esta acción se aplicaría a 10.000 viviendas individuales, lográndose un ahorro de 2.300 t CO2/año.

9. Mejoras de calderas en edificios con calefacción central: Esta acción propone el reemplazo de calderas convencionales para agua caliente sanitaria y calefacción por otras calderas de condensación que tiene un mejor rendimiento energético. Esta acción se aplicaría a 10.000 viviendas grupales que tengan sistemas de calefacción central, lográndose un ahorro de 2300 t CO2/año.

10. Ventanas eficientes energéticamente: Se plantea mejorar la calidad térmica de ventanas en 10.000 viviendas, reemplazando las ventanas de marco de madera y de cristal simple, por otras de marco metálico con rotura de puente térmico y cristal bajo emisivo. Con esta acción se plantea

²⁰ El Código Técnico de la Edificación (CTE) es el marco normativo español, por el que se regulan las exigencias básicas de calidad de los edificios.

un ahorro de 1850 t CO2/año. Esta acción sin embargo no considera las emisiones de CO2 asociadas a la energía utilizada en la fabricación de las ventanas metálicas, lo cual provocará un aumento de las emisiones asociadas a la fabricación de estas.

11. Medidas fiscales para favorecer el uso de tecnologías eficientes y renovables: Esta acción propone ampliar los ámbitos de bonificación de los impuestos para fomentar viviendas que se rehabiliten con criterios de eficiencia energética o que incorporen fuentes de energía renovables²¹. Se estima que podría ser aplicada al 5% de la población y con un ahorro del 20% de energía por vivienda, se lograría un ahorro total de 1800 t CO2/año.

12. Mejorar los hábitos energéticos: Esta acción propone campañas de sensibilización para mejorar los hábitos energéticos de los usuarios de las viviendas, se plantea lograr concientizar a la población que vive en el 10% de las viviendas, logrando con esto un ahorro energético del 5% del consumo anual en cada una de ellas²². Esta medida tiene un impacto por vivienda de 0,19 t CO2/ viv*año, y un ahorro total de 1.680 t CO2/año.

13. Subvencionar la instalación de sistemas para energías renovable: Esta acción propone subvencionar la instalación de sistemas de producción de energía con fuentes renovables para aquellas viviendas que no tengan obligatoriedad de cumplir con esta tecnología. Estos sistemas pueden ser solar fotovoltaica, solar térmica, mini eólica, geotermia o biomasa. Esta acción para cada vivienda tiene un ahorro de emisiones alto (0,33 ton CO2 t CO2/viv*año), y logrando que un 5% de las

viviendas se acojan a esta medida se lograría un ahorro total de 1600 t CO2/año.

14. Incorporar energía fotovoltaica: Esta acción propone la instalación de placas solares fotovoltaicas para suplir el consumo eléctrico de los elementos comunes, de los edificios residenciales que se construyan en el futuro (iluminación de escaleras, ascensor, bombas, etc.), esta medida solo propone una producción de energía de 100 kwh/año por vivienda. Esta es la que presenta el menor ahorro por vivienda (0,04 t CO2/viv*año), y uno de los más bajos aplicados al 100% de las viviendas nuevas (1080 t CO2/año).

15. Rehabilitación de fachadas: Esta acción plantea la rehabilitación de fachadas de los edificios antiguos del casco histórico de la ciudad. Se plantea mejorar el aislamiento térmico de muros, cubiertas, ventanas y cerramientos, según la necesidad de cada vivienda. Esta acción es la que logra el mayor ahorro de emisiones por vivienda intervenida al año (0,44 t CO2/viv*año), pero es la que logra el menor ahorro total (310 t CO2/año) debido a que tiene posibilidades de aplicación solo para 700 viviendas.

16. Aplicar criterios de eficiencia en el urbanismo: Se plantea que los criterios de los nuevos planes de ordenamiento municipal regulen un crecimiento de la ciudad de manera compacta (ya que este modelo de ciudad es más eficiente).

Entre los criterios se consideran:

- Mantener una distancia apropiada entre los edificios para aprovechar al máximo la aportación del calor solar.
- Conservar uniformidad en las alturas de los edificios para aumentar la captación solar.

²¹ Se proponen bonificación a diferentes impuestos existentes para rehabilitación, y la instalación de energías renovables en viviendas.

²² El 5% de reducción de ahorro energético es bajo si se compara con otros Planes de Acción, que plantean reducir hasta el 20% del consumo energético mediante campañas de sensibilización.

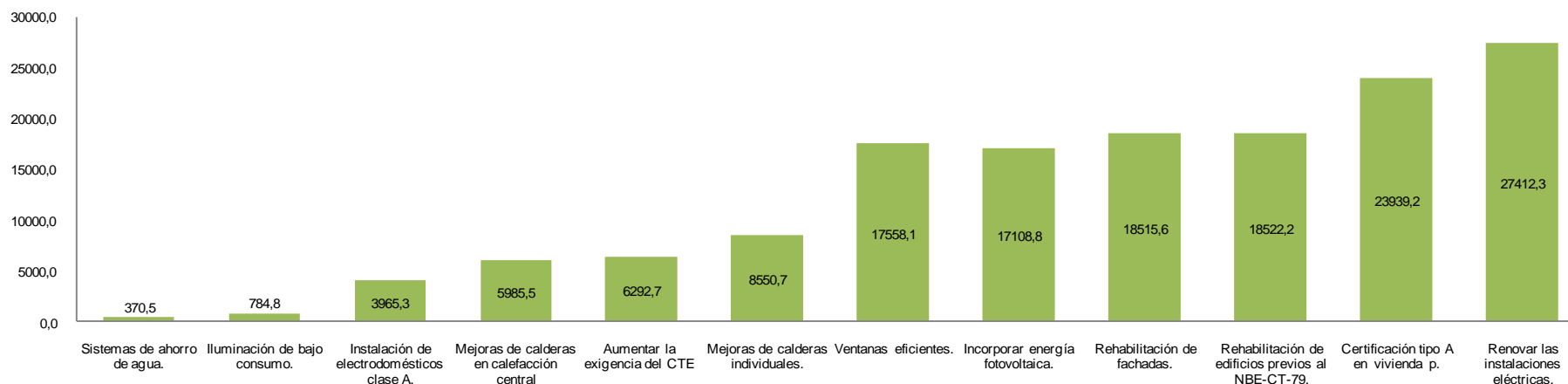


Gráfico 10. Gráfico coste /eficiencia (€/ t CO2 ahorrada), las acciones que presentan un menor coste eficiencia permiten un menor coste económico por unidad de CO2 ahorrado.

- Edificar los bloques en forma cuadrícula con patio interior en el medio. Así, se reduce la proporción de pared exterior por vivienda y por tanto, las pérdidas de calor.
- Además cada vivienda dispone de ventilación cruzada a través de la fachada y el patio interior.
- Procurar edificar viviendas plurifamiliares, ya que los edificios grandes son energéticamente más eficientes que las viviendas unifamiliares debido a la relación volumen/ superficie.

Es importante tener en cuenta que el impacto en la reducción de emisiones de cada acción depende tanto de la cantidad de CO2 que se puede ahorrar por unidad de vivienda, como de las posibilidades que tiene esa acción de aplicarse a un número alto o bajo de viviendas en cada municipio. Así por ejemplo en el caso de las bombillas de bajo consumo, esta tiene un impacto relativamente bajo en el ahorro por cada vivienda, pero alto en sus posibilidades de aplicarse a un número elevado de viviendas del municipio.

3.2.3. Relación coste/eficiencia de cada propuesta.

Esta variable permite conocer el coste económico que es necesario para ahorrar una tonelada de CO2 al año. Con esto es posible identificar las acciones que con un menor esfuerzo económico logran una mayor reducción de emisiones (Gráfico 10).

La relación coste/eficiencia también permite aproximarnos al grado de dificultad que tiene la aplicación de cada acción, ya que el coste está relacionado con la complejidad de la intervención que se hace en cada vivienda. Así es posible conocer las acciones que son más “fáciles” de implementar desde el punto de vista económico. Esto nos permitirá en una posterior etapa tomar decisiones respecto a una posible estrategia para implementar y aplicar acciones de reducción de emisiones.

Alternativas para la reducción de emisiones de CO2 del sector doméstico del municipio de Santa María de Palautordera.

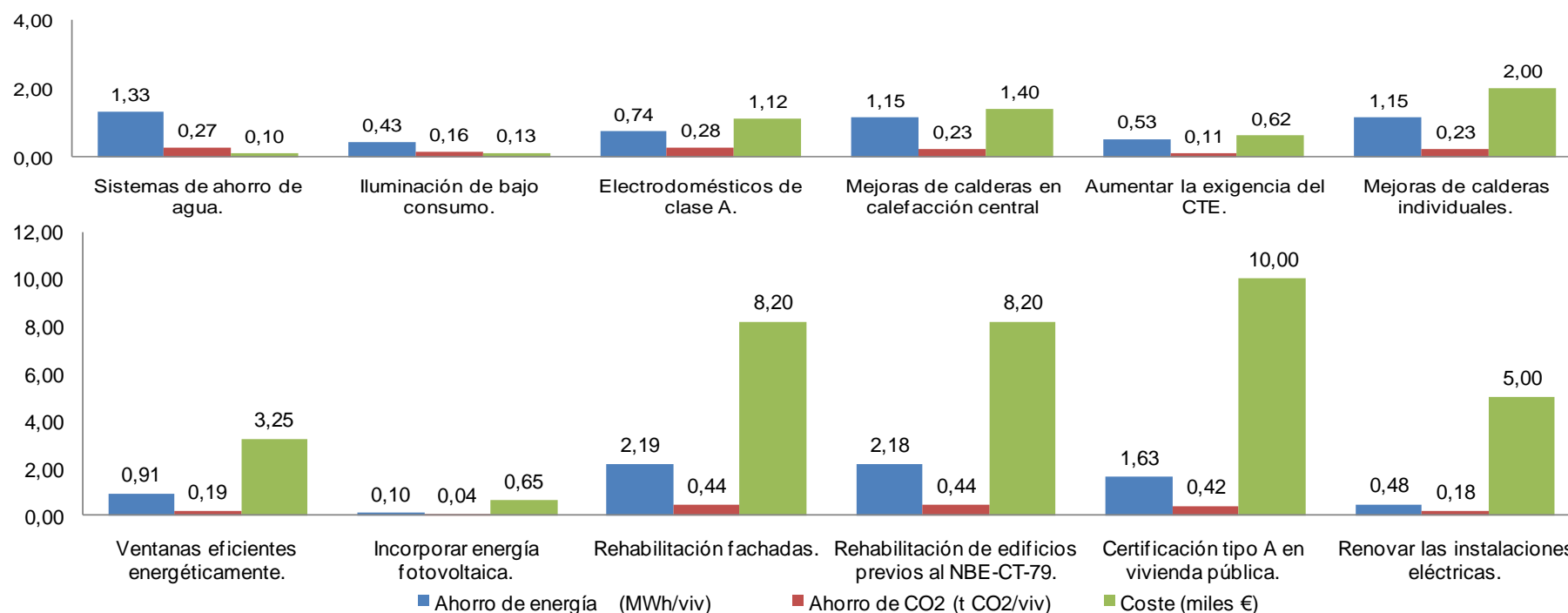


Gráfico 11. Comparación entre los valores de ahorro de energía, de ahorro de emisiones y coste económico por vivienda de cada acción del sector doméstico del municipio de Vitoria y Gasteiz. Fuente: Elaboración propia con información del PAES de Vitoria y Gasteiz.

3.2.4. Valores de ahorro de energía, de ahorro de emisiones y coste económico por vivienda totales de cada acción:

El gráfico 11, permite comparar todas las acciones desde su impacto total (ahorro de energía y ahorro de emisiones) con el coste económico de cada una. Así por ejemplo, entre las acciones que tienen un valor cercano entre el ahorro de emisiones y el coste económico están los sistemas de ahorro de agua, la iluminación de bajo consumo, los electrodomésticos de

clase A, mejoras en calderas de calefacción central e individual, y aumentar la exigencia del CTE. Por otra parte, las acciones que el coste económico es significativamente superior al ahorro de emisiones y energía son ventanas eficientes energéticamente, rehabilitación de edificios previos al NBE-CT-70, certificación tipo A en vivienda pública Y renovación de las instalaciones eléctricas. Por lo tanto estas últimas son acciones “caras” de implementar.

3.3. Plan de acción del municipio de Dublín.

3.3.1. Descripción general.

Este plan responde a los objetivos planteados a nivel nacional para reducir el consumo de energía y las emisiones de CO2 de Irlanda. Las medidas que hasta ahora se han implementado en Dublín para este objetivo se agrupan en dos categorías, aquellas para aumentar la eficiencia energética, y aquellas para el desarrollo de fuentes energéticas alternativas.

Entre las experiencias destacadas por el municipio para lograr un uso de energía más eficiente, se encuentran la modificación del Plan de Desarrollo Urbano en el año 2007, con el fin de promover mejores estándares de eficiencia energética e incrementando el uso de energías renovables en nuevos desarrollos urbanos, mediante un aumento en la certificación energética de estos.

En el año 2008 el municipio adoptó la Estrategia para el Cambio Climático, y se centró en la reducción de 5 millones de toneladas de CO2. Esta estrategia se enfoca en cinco áreas de trabajo, la energía, la planificación, el transporte, la gestión de los residuos y la biodiversidad.

Entre las iniciativas del ayuntamiento destacan el proyecto Oficinas de bajo consumo en la Calle York, el Proyecto de calefacción urbana para Dublín, el Proyecto para energía hidroeléctrica en la localidad de Vartry, Aerogeneradores en el parque Collins, el Plan de transporte para los funcionarios municipales y el proyecto "MINUS 3%", cuyo objetivo es reducir el 3% del consumo de energía en la administración pública por año, terminando con un 33% de ahorro para el 2020.

A continuación se realizara el análisis de las acciones de reducción para Dublín desde 2 enfoques. El primero describe cada acción ordenada desde su impacto en el ahorro total de emisiones, desde aquellas que ahorran una mayor cantidad de CO2 hasta las que ahorran la menor cantidad total. El segundo punto de vista ordena cada acción desde la relación coste/eficiencia, es decir desde el coste necesario para reducir una tonelada de CO2.

3.3.2. Acciones de reducción de emisiones del sector doméstico:

1. Mejorar los hábitos energéticos: Esta acción es la que ahorra una mayor cantidad de CO2 total al año, y propone campañas de educación y concientización para la población (ver tabla 10). Según un estudio realizado en Dublín se puede lograr un ahorro del 19% de energía por vivienda al año, por este motivo se espera lograr mediante campañas de este tipo un ahorro del 5% para el año 2008 hasta un 20% para el año 2020. Esta acción lograría un ahorro estimado de 0,7 t CO2 por vivienda al año, y en total se espera un ahorro estimado en 190.600 t CO2 /año.

2. Mejorar la caldera: Se encuentra en segundo lugar y propone mejorar todas las calderas de las viviendas anteriores al año 1990 (que tenían un rendimiento del 70%) a calderas de condensación con un rendimiento del 90%. Esta acción supone un ahorro de 1,1 t CO2 por vivienda al año, y un ahorro total de 187.000 t CO2 /año.

3. Aislamiento de muros: Se propone mejorar el aislamiento térmico en muros, esta mejora se puede realizar por el interior del muro, por el medio del muro (cámara de aire) o por el exterior. Logra un importante ahorro de emisiones, pero tiene una dificultad de implementación elevada, debido a las molestias que puede ocasionar a los usuarios de las viviendas. Esta media ahorra un total de 145.000 t CO2 /año.

3.3.2. Acciones de reducción de emisiones del sector doméstico del municipio de Dublín.

ACCIONES DE REDUCCION DE EMISIONES			AHORRO DE ENERGIA		AHORRO DE EMISIONES		COSTES				
Nº	TITULO	OBJETIVO	VIVIENDA (MWh/ vivienda año)	TOTAL (MWh/año)	VIVIENDA (t CO2 eq/ vivienda año)	TOTAL (t CO2 eq/año)	VIVIENDA (€/viv * año)	TOTAL (€)	Costo /Eficiencia (€/ t CO2 eq)	Costos ahorrados 2008- 2020 (€)	Relación costo/benefici o (€/€)
Nº 1	Mejorar los hábitos energéticos	100 % de las viviendas del 2020 (271.709)	3,59	974.250	0,70	190.667	136	37.000.000	194,1	616.600.000	16,7
Nº 2	Mejorar la caldera.	170.000 viv	6,47	1.100.000	1,10	187.000	2.500	424.100.000	2267,9	409.800.000	1,0
Nº 3	Aislamiento de muros.	No cuantificado	No cuantificado	788.111	No cuantificado	144.889	No cuantificado	543.000.000	3747,7	265.500.000	0,5
Nº 4	Mejorar la certificación energética en viviendas nuevas.	27700 viviendas	14,9	414.917	2,86	79.417	12.500	347.000.000	4369,4	221.000.000	0,6
Nº 5	Aislamiento de cubierta	172.000 viviendas	2,30	396.000	0,42	72.909	560	96.400.000	1322,2	187.600.000	1,9
Nº 6	Energías renovables.	110700 viviendas	0,47	51.583	0,59	65.333	11.700	1.295.600.000	1652,6	106.400.000	0,1
Nº 7	Ventanas eficientes energeticamente	164500 viviendas	1,73	284.714	0,25	52.429	12.000	1.974.600.000	37662,7	69.900.000	0,0
Nº 8	Calefacción urbana.	22.400 viviendas	1,85	41.400	0,65	14.600	1908	42.800.000	2931,5	24.300.000	0,6
Nº 9	Iluminación de bajo consumo.	190.000 viviendas	0,62	117.000	0,17	31.750	75	14.200.000	447,2	88.200.000	6,2
Nº 10	Tasa de demolición.	17760 viviendas	2,69	47.750	0,54	9.667	20.000	355.300.000	36755,2	29.300.000	0,1
TOTAL			4.215.725	34,65	5,5	848.660	61.379	5.130.000.000	91350,4	2.018.600.000	27,7

Tabla 10. Síntesis de acciones de reducción de emisiones para el sector doméstico del municipio de Dublín. Fuente: Elaboración propia con información del Plan de Acción de Energía de Dublín.

4. Mejorar la certificación energética en viviendas nuevas: Esta acción propone mejorar la certificación energética de las viviendas nuevas y existentes²³, en el caso de las nuevas se propone mejora la calificación pasando de una categoría B1 a A3, y en el caso de las viviendas existentes se mejorará pasando de la categoría E1 a rangos de categoría B3 a C2. Esta acción supone un ahorro total de 79400 t CO2 / año.

²³ En Dublín la certificación energética de las viviendas va desde un rango de A hasta la G, subdividido en 3 categorías, A1, A2, A3; B1, B2, B3 etc.

5. Aislamiento de cubierta: Esta acción permite mejorar el aislamiento de la cubierta de los edificios, reinstalando y mejorando estos aislamientos. Se reduce así el consumo energético de los áticos. Se puede lograr un ahorro de 72900 t CO2 / año. Tiene un nivel de dificultad medio, ya que no requiere grandes transformaciones en la vivienda.

Ahorro de emisiones del sector domésticos de cada acción al año del municipio de Dublin (t CO2/año y %)

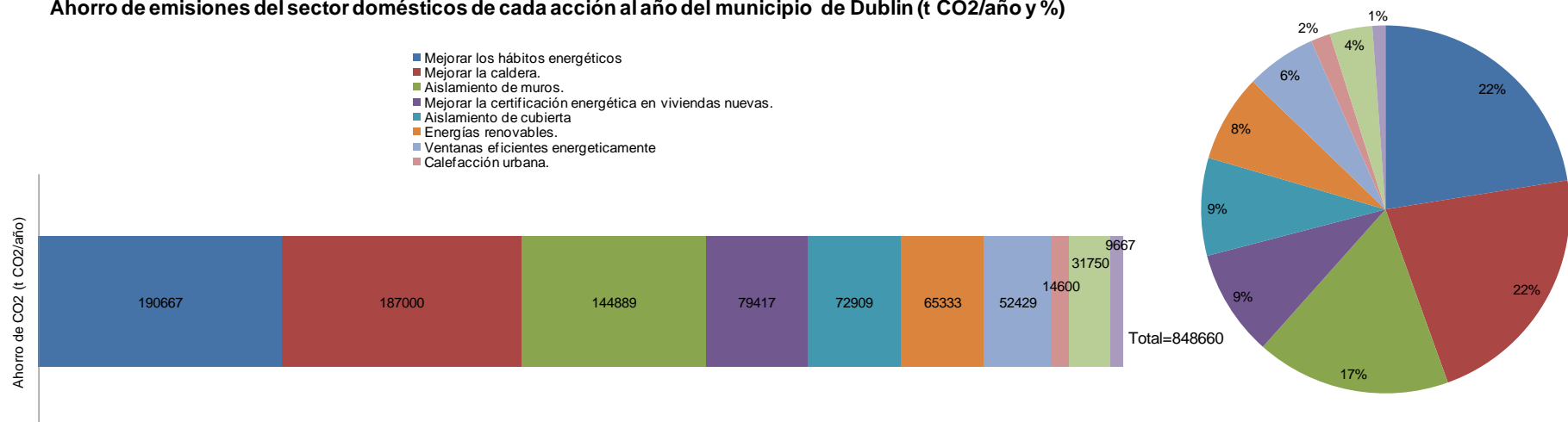


Gráfico 12. Ahorro de emisiones de cada acción, ordenadas desde las que más ahorran, hasta las que menos ahorran en el total municipal en Dublín. Valores en (t CO2 /año) y (%).

6. Energías renovables: Esta acción plantea instalar sistemas de generación de energía mediante fuentes renovables. Se basa en 3m2 de colectores solares para calentar agua, y una caldera de pellets de madera para cada una de las viviendas. El objetivo es lograr que el 40% de las viviendas existentes y el 50% de las nuevas tengan estos sistemas.

7. Ventanas eficientes energéticamente: Se propone reemplazar las ventas de cristal simple por unas de doble cristal. Estas acciones logran un ahorro de 52.400 t CO2 / año.

8. Calefacción urbana (district heating): La Calefacción urbana es un sistema en el calor se distribuye por una red urbana, del mismo modo en que se hace con el gas o el agua. Esta tiene un mejor rendimiento energético, ya que utiliza una sola caldera para un grupo elevado de viviendas. Esta acción propone mejorar la eficiencia de los sistemas de

calefacción grupales, mediante la calefacción urbana en viviendas nuevas. Se pretende entregar calefacción mediante una red de agua caliente a viviendas en bloques de edificios. Este sistema es muy flexible en cuanto al combustible utilizado, los cuales pueden combustibles fósiles, o bien energías renovables como la biomasa.

Este sistema de calefacción tienen una dificultad de implementación alto, sobre todo es un sistema complejo de aplicar en viviendas existentes, y con una dificultad menor en viviendas nuevas de alta densidad.

9. Iluminación de bajo consumo: Se propone cambiar bombillas convencionales por unas de bajo consumo. Con esta medida se puede lograr un ahorro total de 31700 t CO2 / año.

Alternativas para la reducción de emisiones de CO2 del sector doméstico del municipio de Santa María de Palautordera.

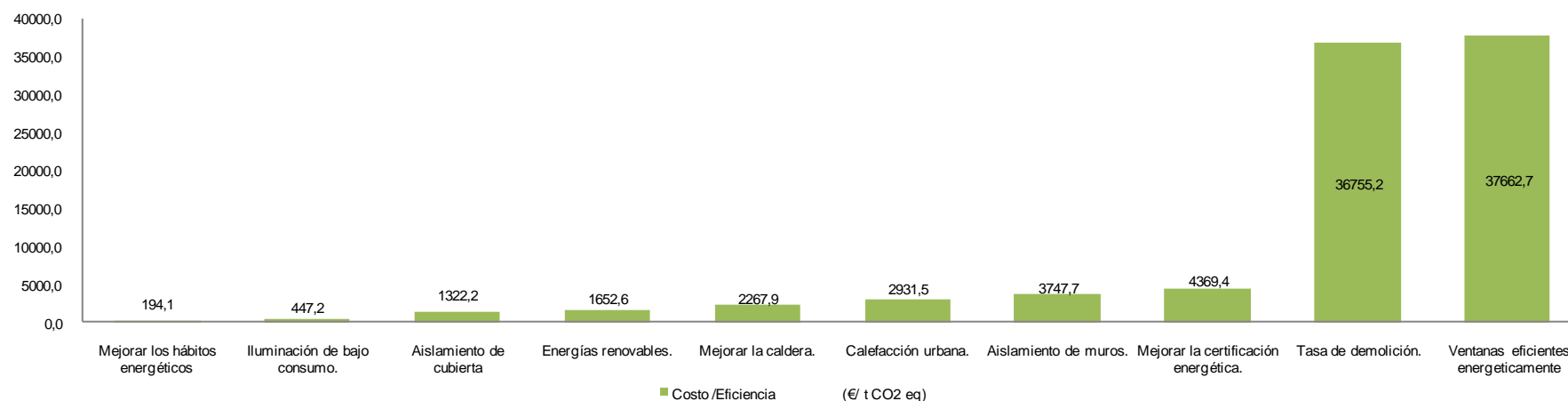


Gráfico 13. Gráfico coste /eficiencia (€/ t CO2 ahorrada), las acciones que presentan un menor coste eficiencia permiten un menor coste económico por unidad de CO2 ahorrado, para el municipio de Dublín. Fuente: Elaboración propia con información del PAES de Dublín.

10. Tasas de demolición: Esta acción propone continuar con la tasa de demolición de viviendas antiguas, esto generará que las viviendas que se construirán en su reemplazo tendrán mejores estándares energéticos que repercutirá en una disminución de emisiones²⁴. Su ahorro es de 9600 ton CO2 / año.

3.3.3. Relación coste/eficiencia de cada propuesta:

Se ordenan las acciones desde aquellas que tienen el menor coste económico por unidad de CO2 ahorrado hasta las que tienen el mayor coste por CO2 ahorrado. Como se ve en el Gráfico 16 la acción que tiene el menor valor coste/eficiencia es aquella que propone mejorar los hábitos energéticos, esta acción cuesta 194 € por cada tonelada de CO2 ahorrado

al año. En segundo lugar se encuentra la acción que plantea iluminación de bajo consumo, con un valor de 447 €/ t CO2 año. Estas dos acciones son las más sencillas de implementar, debido a su bajo coste económico y a su facilidad de implementación. A continuación siguen las acciones de aislamiento de cubierta (1322 €/ t CO2 año.) y seguida de la acción que propone la instalación de energías renovables, con un coste de 1650 euros por tonelada de CO2 ahorrado al año.

Las acciones que tienen un coste medio son las acciones para mejorar la caldera de calefacción (para viviendas existentes) y la instalación de calefacción urbana (para viviendas nuevas). La acción de aislamiento de muros, esta tiene un coste promedio de 3700 €/ t CO2 año. Sin embargo este valor puede variar dependiendo si la instalación se realiza por el interior del muro, por el centro de este o por el exterior.

²⁴ No se considera la energía gris necesaria para la construcción de las nuevas viviendas.

Alternativas para la reducción de emisiones de CO2 del sector doméstico del municipio de Santa María de Palautordera.

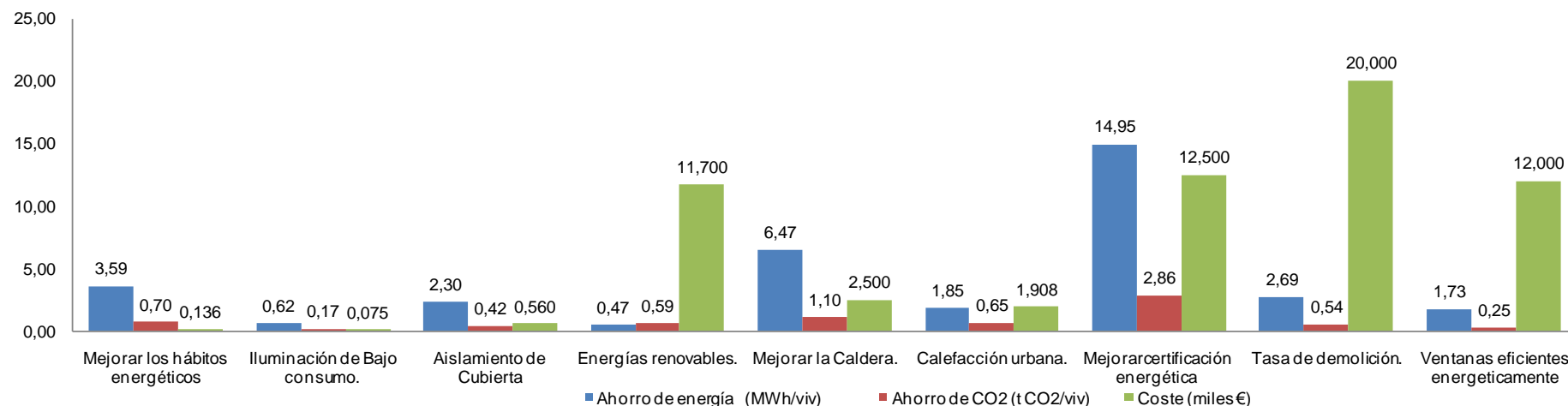


Gráfico 14. Comparación entre los valores de ahorro de energía, de ahorro de emisiones y coste económico por vivienda de cada acción del sector doméstico del municipio de Dublín. Fuente: Elaboración propia con información del PAES de Dublín.

En último lugar se encuentran dos acciones que tienen los mayores costes económicos por cada tonelada de CO2 ahorrado, esta son la acción que propone la demolición de edificios antiguos para ser reemplazados por unos nuevos más eficientes, y la acción que plantea la instalación de ventanas eficientes. Estas acciones tiene un alto coste de implementación y el ahorro de CO2 conseguido es bajo. El valor para estas acciones es de 36700 y 37600 euros por tonelada de CO2 ahorradas al año.

3.3.4. Porcentajes de ahorro de energía, de ahorro de emisiones y coste económico totales de cada acción:

El gráfico 14 permite comparar todas las acciones el ahorro de energía y ahorro de emisiones con el coste económico por unidad de vivienda. Así por ejemplo entre las acciones que tienen un mayor de ahorro de energía

y de emisiones de CO2, respecto del coste económico están mejorar los hábitos energéticos e iluminación de bajo consumo.

Las acciones que tienen una relación entre el ahorro de emisiones y el coste económico está mejorar la caldera, aislamiento de cubierta y calefacción urbana. Por otra parte las acciones que tienen un valor de reducción de energía y emisiones bajo por unidad de vivienda, pero un valor alto de coste económico están la instalación de energías renovables, la instalación de ventanas eficientes y la tasa de demolición.

3.4. Plan de acción del municipio de Sitges:

3.4.1. Propuestas de reducción de emisiones del sector doméstico del municipio de Sitges:

ACCIONES DE REDUCCION DE EMISIONES			AHORRO DE ENERGIA	AHORRO DE EMISIONES	COSTES
Nº	TITULO	OBJETIVO	TOTAL (MWh/año)	TOTAL CO2 eq/año (t)	INVERSION PUBLICA (€)
Nº 1	Mejorar los hábitos energéticos.	100% de la viviendas.	18.578,9	5.635,06	5.000
Nº 2	Sustitución de aparatos electrónicos e iluminación.	100% de la viviendas.	5.852,3	1.775,04	5.000
Nº 3	Instalación de sistemas de aprovechamiento de energía solar térmica	25% de las viviendas.	5.434,3	1.648,70	10.000
Nº 4	Mejora de cerramientos y aislamiento de las aberturas	25% de las viviendas.	7.222,6	1.528,30	5.000
Nº 5	Sustitución de los equipos de climatización y de agua caliente sanitaria.	40% de las viviendas.	6.933,6	1.467,20	5.000
Nº 6	Sistemas de ahorro de agua.	60% de las viviendas.	4.013,1	1.217,50	20.000
TOTAL			48.034,72	13.271,80	50.000

Tabla 11. Propuestas de reducción de emisiones de CO2 de Sitges. Fuente: Elaboración propia con información del PAES de Sitges.

A continuación se describen las acciones propuestas por el Plan de Acción de Sitges. Se ordenan desde aquellas que tienen el mayor ahorro de emisiones totales hasta las que tienen el menor ahorro. Esto permitirá conocer y valorar las acciones más importantes desde el punto de vista de su impacto en la reducción de emisiones de CO2.

1. Mejoras en los hábitos energéticos: Se impulsaran campañas de sensibilización desde el ayuntamiento, para promover un mejor uso de la energía, mejorando el comportamiento y los hábitos de los ciudadanos. El coste se ha considerado de las campañas de concientización.

Ahorro de emisiones del sector domésticos de cada acción al año del municipio de Dublin (t2 CO/año y %)

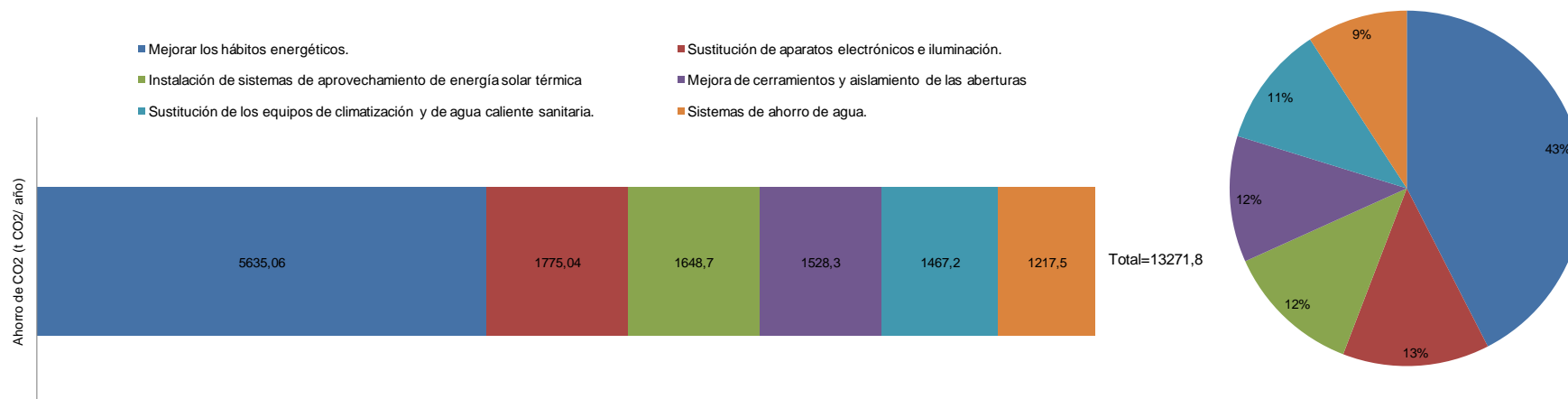


Gráfico 15. Ahorro de emisiones de cada acción, ordenadas desde las que más ahorran, hasta las que menos ahorran en el total municipal en Dublin. Valores en (tn CO2/año) y (%). Fuente: Elaboración propia con información del PAES de Sitges

2. Sustitución de aparatos electrónicos: Se impulsaran campañas de sensibilización desde el ayuntamiento, para el consumo de aparatos domésticos más eficientes, mejorando los electrodomésticos, aparatos electrónicos y de iluminación. Se considera que la medida influiría a todos las viviendas en el horizonte 2020.

3. Instalación de sistemas de aprovechamiento de energía solar térmica: El ayuntamiento estima que se instalaran sistemas de aprovechamiento de energía solar térmica por motivos de rehabilitación de edificios existentes, en un 25% de los edificios de aquí al 2020. Estos edificios no están incluidos en el código técnico de la edificación, en lo que respecta a la instalación de sistemas de energía solar térmica.

4. Mejoras de los cerramientos y aislamiento de las aberturas: El ayuntamiento promoverá la colocación de ventanas con doble vidrio y cierre estanco. La medida prevé que tenga efectos sobre un 25% de los hogares.

5. Sustitución de los equipos de climatización y agua caliente sanitaria: El ayuntamiento promoverá la sustitución progresiva de los equipos de climatización (calefacción y aire acondicionado) y de calentamiento de agua caliente sanitaria (ACS) que superen la vida útil y tengan un bajo rendimiento, por equipos de alto rendimiento (se considera una mejora de 10% de rendimiento). Esta acción se ha considerado que hasta el 2020 se aplicará sobre un 40% del sector doméstico.

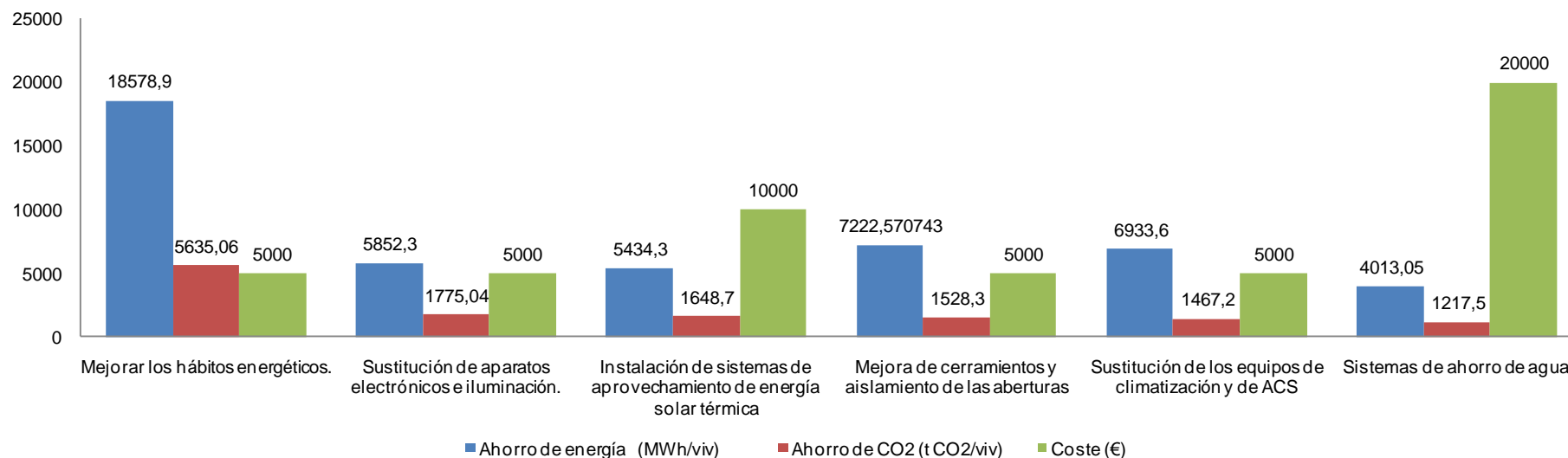


Gráfico 16. Comparación entre los valores de ahorro de energía, de ahorro de emisiones y coste económico por vivienda de cada acción del sector doméstico del municipio de Sitges. Fuente: Elaboración propia con información del PAES de Sitges.

6. Sistemas de ahorro de agua: El ayuntamiento impulsará la instalación de sistemas de ahorro del consumo de agua, los cuales permitirán alcanzar un ahorro en la energía asociada al agua caliente destinada a usos como el baño y la ducha. Los dispositivos ahorradores son reductores volumétricos y aireadores a colocar en duchas y grifos, a través los que se pueden conseguir ahorros del 20%. Se supone que la medida se aplica exitosamente en un 60% de los hogares.

3.5. Escenarios de emisiones de los municipios de Vitoria y Gasteiz, Dublín y Sitges:

3.5.1. Vitoria y Gasteiz: Escenarios de emisiones para el año 2020.

Con la aplicación de las propuestas antes descritas se evalúan 2 escenarios de emisiones para el sector doméstico, el primero de los cuales se denomina escenario tendencial (2020T) y el segundo escenario con actuación (2020A) y se aplican directamente sobre el sector doméstico

a. Escenario Tendencial 2020 (T): Este corresponde a las estimaciones hechas sin la aplicación de ningún plan de acción (Gráfico 17), se calcula teniendo en cuenta la evolución estimada del número de viviendas y del crecimiento de la población para el año 2020.

Vitoria y Gasteiz posee en la actualidad un total de 100.770 viviendas, de las cuales 89570 están ocupadas, esto representa un porcentaje de viviendas ocupadas del 90%. Se prevé que la ciudad de Vitoria y Gasteiz

Vitoria y Gasteiz.

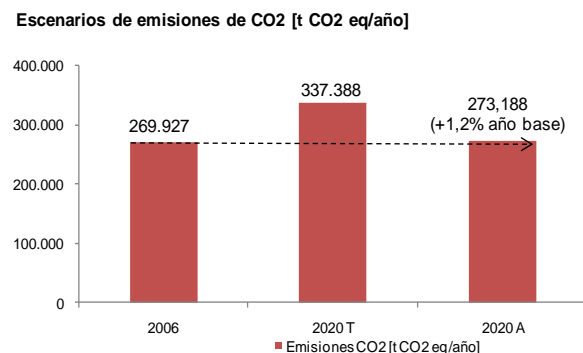


Gráfico 17. Escenario de emisiones con propuestas de reducción para el 2020 de Vitoria y Gasteiz. Fuente: Elaboración propia con información del PAES de Vitoria-Gasteiz.

Dublín

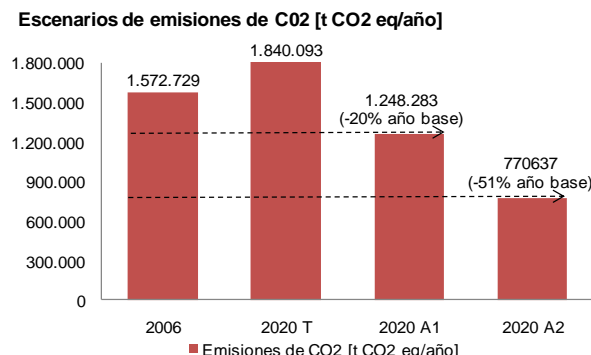


Gráfico 18. Escenario de emisiones con propuestas de reducción para el 2020 de Dublín. Fuente: Elaboración propia con información del PAES de Dublín.

Sitges.

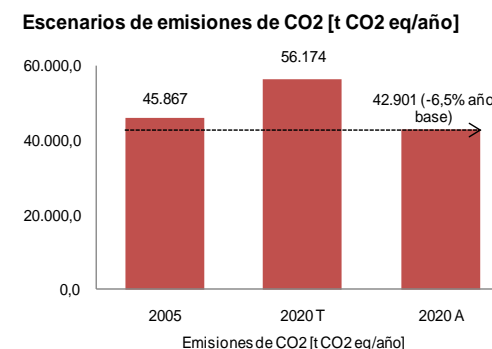


Gráfico 19. Escenario de emisiones con propuestas de reducción para el 2020 de Sitges. Fuente: Elaboración propia con información del PAES de Sitges

tendrá un importante desarrollo urbano para los próximos años. Según el Plan General de Ordenación Urbana (PGOU), se prevé la construcción de 28500 viviendas nuevas, lo que equivale a un crecimiento del 30% para el 2020. Esto provocará un aumento significativo en la demanda energética de la ciudad.

Para el cálculo de las estimaciones de demanda energética se ha considerado que los nuevos edificios serán más eficientes porque serán construidos en base al nuevo Código Técnico de la Edificación. Esto permitirá una disminución de las emisiones del 30% en ACS por la aportación solar térmica y una reducción del 20% en climatización por la mejora de los aislamientos en viviendas nuevas. Además, se estima que el 75% de las nuevas viviendas serán de protección oficial y estas tendrán etiqueta energética clase B, con lo cual sus emisiones van a ser un 35% inferiores.

Se ha considerado que actualmente el factor de ocupación de las viviendas es del 90%, y se ha usado el mismo factor en los cálculos de consumo energético en el 2020. Aún así es importante notar que el INE tiene previsto un crecimiento de la población del 10% y el número de viviendas crecerá en un 30%. Por lo tanto la ocupación de las viviendas será posiblemente inferior.

Si el sector doméstico tuvo en el 2006 un consumo de 965.000 MWh, lo que equivale a unas emisiones de **269.927 t CO₂ eq/año**. Se estima que para el 2020 el consumo energético de este sector será de 1.299.000 MWh, lo que supondrá unas emisiones de **337.388 t CO₂ eq/año**. Esto corresponde a un 20% más respecto al año base 2006 (Gráfico 17).

b. Escenario con Actuación 2020 (A): Con la aplicación de las propuestas del Plan de Acción y considerando una valoración conjunta de las propuestas para la reducción de emisiones, más las propuestas para la

producción de energías renovables, se podría lograr un ahorro de 64.200 t CO2 eq. en el año 2020. Con este ahorro se lograrían unas emisiones de **273.188 t CO2 eq/año** para ese año.

Esta reducción de emisiones significaría, sin embargo, un aumento del 1,2 % de las emisiones del escenario 2020(A) respecto del año base para el sector doméstico. Esto significa que es necesario un porcentaje de ahorro mayor de las emisiones en otros sectores municipales para que en conjunto logren el ahorro del 20% del total municipal planteado por el Pacto de los Alcaldes.

3.5.2. Escenarios de Emisiones para el municipio de Dublín:

En el caso de Dublín se han evaluado tres escenarios diferentes. Los factores que se han considerado para realizar estos escenarios son la tasa de crecimiento de las nuevas viviendas, la tasa de demolición de las viviendas antiguas poco eficientes, que serán reemplazadas por nuevas con normativas de mayor eficiencia. Estos escenarios, sin embargo, no consideran los consumos asociados a la fabricación de materiales para la construcción de viviendas nuevas.

a. Escenario Tendencial 2020 (T): En este escenario se evalúan las emisiones de CO2 para el 2020 sin la aplicación de ningún plan de acción. Se considera el uso de las actuales prácticas de construcción de viviendas, se consideran las normativas existentes sobre certificación energética en nuevas viviendas y no se considera ningún tipo de rehabilitación para mejorar la calidad térmica de la envolvente de estas.

Con este escenario se prevé que el consumo de energía desde aquí al 2020 aumentará en un 16%, lo que provocará un aumento de las emisiones asociadas de un 17% para ese año respecto al año base 2006. Esto significa que el consumo anual de energía del sector doméstico será

mayor que 9.048.000 MWh para el año 2020, emitiendo una cifra cercana a las **1.840.093 toneladas de CO2**.

b. Escenario con Actuación 2020 (A): Este escenario plantea reformas de bajo coste y fácil implementación, primero se propone mejorar el comportamiento de los usuarios mediante campañas de educación, con lo cual supone la reducción del 20% del consumo energético, estas se realizaran desde el año 2008 al 2020. Para el parque de viviendas existentes se considera la instalación de bombillas de iluminación de bajo consumo (instaladas durante el año 2008), y por otro lado se propone la mejora del aislamiento térmico en la cubierta (instalada durante el 2011), esto último se realizará de forma gradual, partiendo por las viviendas más antiguas.

Para el parque de viviendas nuevas se prevé la aplicación de los nuevos estándares de eficiencia energética. Las viviendas construidas antes del año 2009 debían ser de categoría B1, a partir de este año se propone una mejora de la certificación energética hasta la categoría A3.

Las nuevas viviendas también incorporaran energías renovables para la calefacción y agua caliente sanitaria, está en un comienzo se instalaran en el 10% del total de viviendas del municipio terminando en el año 2020 con el 50% de las viviendas. En este escenario también se considera la incorporación de sistemas de calefacción urbana y calefacción grupal que proporcionaran agua caliente sanitaria y calefacción para el 11% de las viviendas en el año 2020.

Con la aplicación de este escenario se estima la reducción de un 18% del consumo energético y de un 20% de las emisiones de CO2 respecto al año base 2020. Este ahorro equivale a un consumo energético para el año 2020 de 6.396.000 MWh, con unas emisiones asociadas de **1.258.183,2 toneladas de CO2**. La acción que más destaca es la normativa de eficiencia energética para viviendas nuevas, teniendo un menor impacto

las acciones de mejorar el aislamiento de la cubierta y la sustitución de bombillas de iluminación por unas más eficientes.

c. Escenario con Actuación 2 (2020 A2): En el parque de viviendas existentes se plantean reformas que se aplicaran de manera gradual desde el 2007 al 2017.

Estas consideran la instalación de bombillas de bajo consumo, mejoras en el aislamiento térmico de la cubierta, mejoras en el aislamiento térmico en las paredes, la instalación de calderas de alta eficiencia, y la sustitución de las ventanas por unas de mayor calidad térmica para todas las viviendas que lo requieran. Una vez que todas las posibilidades de disminuir la demanda energéticas ya estén aplicadas, se considera la instalación de energías renovables para el agua caliente sanitaria y la calefacción para el 40% del parque de viviendas existentes en el año 2020.

Para el parque de viviendas nuevas se prevé la aplicación de los nuevos estándares de eficiencia energética²⁵ par las viviendas existentes de baja calidad térmica. Las viviendas construidas antes del año 2009 debían ser de categoría B1, a partir de este año se propone una mejora de la certificación energética hasta la categoría A3.

Las nuevas viviendas también incorporaran energías renovables para la calefacción y agua caliente sanitaria, está en un comienzo se instalaran en el 10% de todas las viviendas del municipio terminando con el 50% de las viviendas en el año 2020 En este escenario también se considera la incorporación de sistemas de calefacción urbana y calefacción grupal que proporcionaran agua caliente sanitaria y calefacción para el 30% de las viviendas. Además se supone la reducción del 20% del consumo

energético mediante campañas de educación y mejorando los hábitos de los ciudadanos, estas se realizaran desde el año 2008 al 2020.

Con la aplicación de estas medidas se puede lograr ahorros de un 42% de la energía y una disminución de las emisiones de CO2 de un 51% para el 2020 respecto al año base 2006. Estos porcentajes equivalen a unos consumos de energía de 4.524.000 MWh y emisiones de CO2 de **770.637,21 t CO2 eq** para el 2020. Los ahorros más significativos se logran las propuestas de mejoras del comportamiento de los usuarios y con las mejoras de las calderas, ya que ambas representan el 48% del total de los ahorros.

3.5.3. Escenarios de emisiones para el año 2020 de Sitges.

Con la aplicación de las propuestas de reducción de emisiones para el sector doméstico se han elaborado dos escenarios de emisiones, el primero denominado Escenario Tendencial 2020 (T) estima las emisiones sin ningún tipo de propuesta por parte del municipio, el segundo escenario denominado 2020 (A) estima las emisiones con la aplicación de las propuestas antes descritas.

a. Escenario Tendencial 2020 (T): Se estima que la población del municipio de Sitges para 2020 será de 30.584 habitantes según el Plan de ordenamiento urbano municipal (POUM). Las emisiones para ese año serán de **56.174 t CO2 eq/año**, es decir un aumento del 22,5% respecto al año base 2005.

b. Escenario con Actuación 2020 (A): Con las propuestas del sector doméstico se logra un ahorro de 13271,8 t CO2 eq/año de las emisiones del año 2020. Con esto se logra una disminución del 6,5% respecto a las emisiones del año base 2005.

²⁵ En Dublín la certificación energética de las viviendas va desde un rango de A hasta la G, subdividido en 3 categorías, A1, A2, A3; B1, B2, B3 etc.

Por este motivo es que en este Plan de Acción se plantea un porcentaje de reducción mayor en los otros sectores municipales, para que así la reducción total de todos los sectores alcance el objetivo del Pacto de los Alcaldes del 20%.

Comparación de los planes de acción de los municipios de Vitoria y Gasteiz, Dublín y Sitges:

Emisiones de CO2 del sector doméstico por habitante [t CO2 eq/hab]

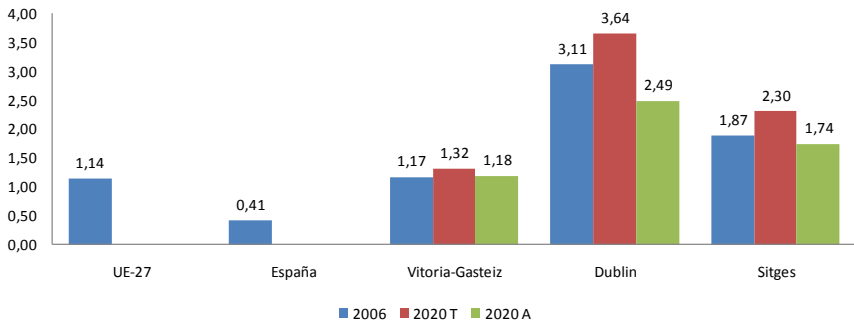


Gráfico 20. Emisiones de CO2 por habitante del año 2005, del escenario tendencial 2020(T) y del escenario con actuación 2020 (A), del sector doméstico de los municipios de Sitges, Dublín y Vitoria y Gasteiz. Fuente: Elaboración propia.

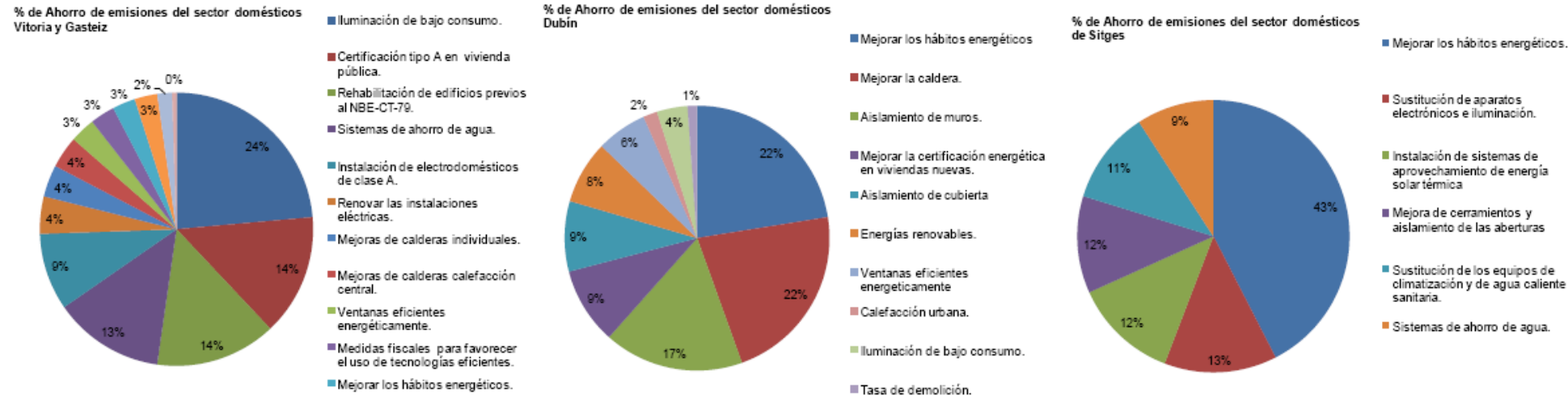


Gráfico 21. Porcentajes de reducción de emisiones de CO2 de las propuestas de Vitoria y Gasteiz, Dublín y Sitges . Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 4. Inventario Base de emisiones del sector doméstico en el municipio de Santa María de Palautordera.

En este capítulo tiene como objetivo cuantificar las emisiones de CO2 del sector doméstico del municipio de Santa María de Palautordera (SMPT), aplicando a un caso real la metodología y los indicadores propuestos en este trabajo en el punto 2.3.1. Para el inventario de emisiones se considerará el año 2005 como el año base para cuantificar las emisiones de CO2, debido a que para este año existe la mayor disponibilidad de información para la cuantificación de las emisiones.

En la primera parte se hará una descripción general del municipio, y en la segunda se describirán y cuantificarán los subsectores incluidos en este trabajo final de máster para el sector doméstico, estos son energía, agua, residuos y materiales de construcción.

4.1. Descripción del municipio:



Figura14. Plano de ubicación del municipio de Santa María de Palautordera, en la comarca del Vallès Oriental, e imagen del casco antiguo. Fuente: Plan de ordenamiento urbano municipal (POUM 2008).

Santa María de Palautordera está situada en la comarca del Vallès Oriental, limita con los municipios de Sant Celoni, Vallgorguina, Sant Esteve de Palautordera entre otros. Posee una superficie de 16,9 km2 y se sitúa a una altura media de 190,9 m por sobre el nivel del mar. Se encuentra situado en el extremo noreste de la llanura del Vallès, entre la cordillera Prelitoral (el Montseny) y la cordillera Litoral (sierras del Montnegre y el Corredor).

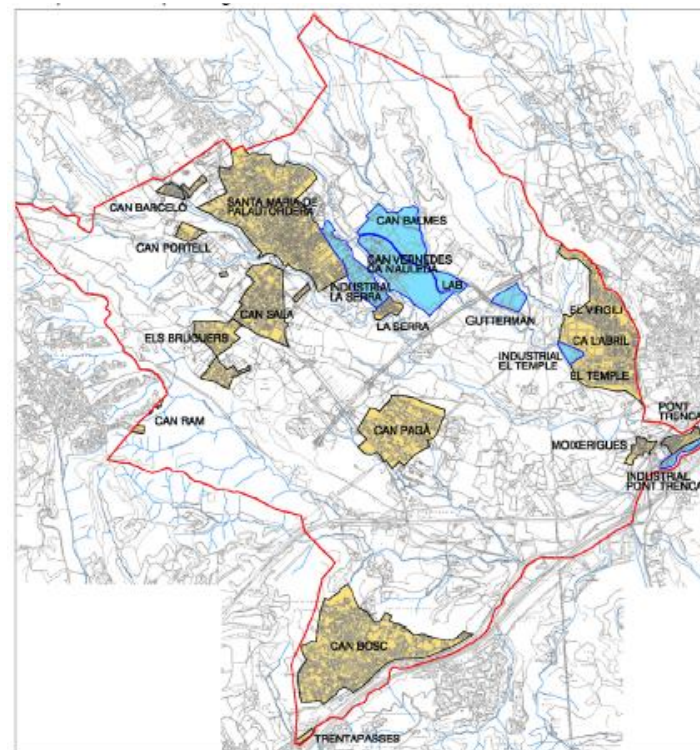


Figura 10. Plano de los núcleos residenciales (amarillos) e industriales (azules). Fuente: Plan de ordenamiento urbano municipal (POUM 2008).

La población del año 2005 fue de 7.762 habitantes, lo que supone una densidad de población de 458,2 hab/km2. Las zonas urbanas del municipio se estructuran en mediante un núcleo urbano principal (casco antiguo) y 12 núcleos dispersos distribuidos por el municipio. La estructura económica actual se caracteriza por la importancia del sector de los servicios, que constituye el principal sector del municipio, y reúne la mitad de los puestos de trabajo localizados en él (fuente: Auditoria Ambiental Municipal de Santa María de Palautordera. 2006. MINUARTIA, Estudi Ambiental, pág. 17).

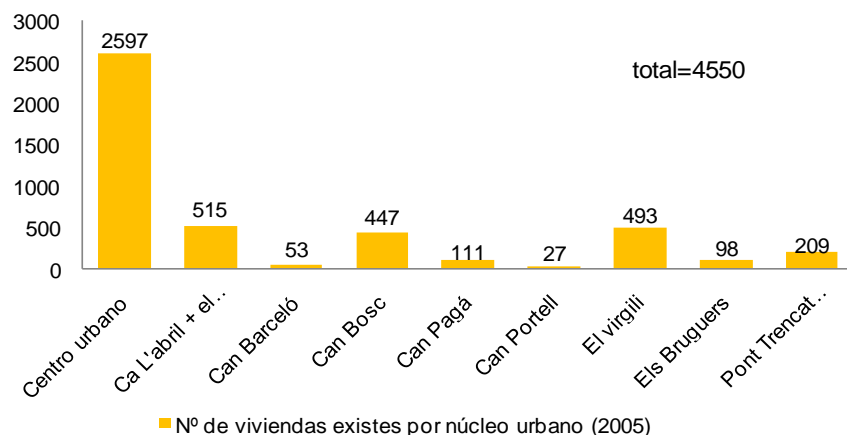


Gráfico 29. Número de viviendas por núcleo urbano. Fuente: Auditoria ambiental.

El número de habitantes experimenta un aumento considerable en los fines de semana y los periodos de verano (fuente: Auditoria Ambiental Municipal de Santa María de Palautordera. 2006. MINUARTIA, Estudi Ambiental, pág. 17), esto se ve reforzado por el hecho de que este municipio posee un alto número de viviendas secundarias, en censo del año 2001 indicó que el 28,1% correspondía a viviendas de segunda residencia, y que el 60% correspondía a viviendas principales.

El número total de viviendas existentes en el año 2005 fue de 4550 unidades, destacando el área del centro urbano como el núcleo que presenta el mayor número de viviendas, con un 2597 (57,1% del total). De este total, y si consideramos que no hubo variaciones importantes respecto al porcentaje de viviendas principales del 2001, existiría un total de 3049 viviendas principales y 1502 viviendas secundarias o vacías en el año 2005. (gráfico 29).

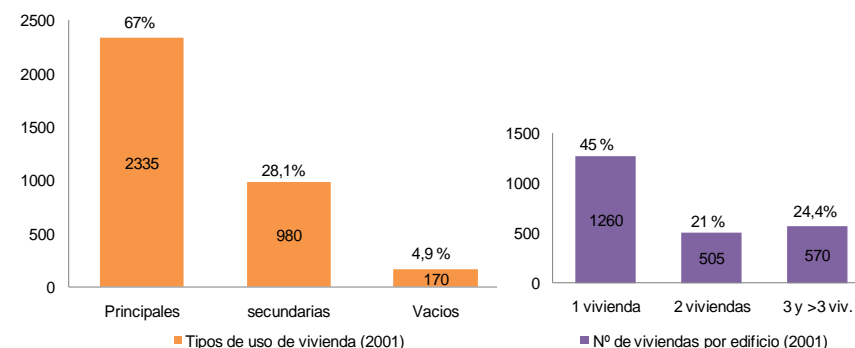


Gráfico 30. Tipos de uso de vivienda y número de viviendas por edificio (2001). Fuente: Censo del 2001, Idescat.

La mayor parte de las viviendas de SMPT corresponde a tipología de vivienda unifamiliar (45%), y el 21% corresponden a viviendas plurifamiliar pareadas (dos viviendas por edificio) y el 24% son viviendas en bloque colectivo (3 o más viviendas por edificio) (gráfico 30). Estos valores en la última década han variado debido al aumento del precio del suelo, que ha favorecido al aumento de la vivienda plurifamiliar (Fuente: Pla d'Ordenació Urbanística Municipal de Santa Maria de Palautordera (POUM), pág. 15). Para el año 2007 la superficie de vivienda en bloque fue de 8227,8, que corresponde al 69% de la superficie de viviendas construidas en ese año, sin embargo en los años 2008 y 2009 no se construyó vivienda en bloque, y la superficie de vivienda aislada fue de 1606,1 y 964,9 m2 respectivamente (tabla 16).

4.2. Indicador 1. Energía. Cálculo de Emisiones de GEI derivadas del consumo energético del sector doméstico.

Descripción: Para el cálculo de las emisiones de CO2 asociadas al consumo energético de SMPT, se utilizó el indicador propuesto en el capítulo 2.3.1, se cuantificaron las emisiones de CO2 asociadas al uso de electricidad, gas natural, gas licuado de petróleo (glp) y combustibles líquidos (gasóleo C) desde el año 2001 al 2007, (Tabla 12).

La variable del consumo eléctrico y de gas natural corresponde a la energía anual medida en los contadores de cada abonado del municipio. Considera la energía del mercado libre y regulado, esta información fue proporcionada por ICAEN.

El consumo de combustibles líquidos corresponde a Gasóleo C. Para obtener el consumo municipal de SMPT (ya que no existen información municipal), se ponderan los consumos provinciales con el número de habitantes del municipio, y se le asigna un 43% que corresponde al consumo del sector doméstico (metodología de la Diputación de Barcelona y Desgel).

El consumo de GLP corresponde a los consumo de butano y propano juntos, y para obtenerlo se ponderan los consumos provinciales con el número de habitantes del municipio, y se le asigna un 61% que corresponde al consumo al sector doméstico (metodología de la Diputación de Barcelona y Desgel).

No fue posible encontrar información de los consumos de biomasa y carbón para el año 2005. En el factor de emisión de CO2 del mix eléctrico se ha estimado que las instalaciones de producción local de electricidad mediante energía fotovoltaica y geotermia, están conectadas al sistema eléctrico español, y por lo tanto entregan la energía eléctrica a la red de España. Esto hace una diferencia respecto a la metodología de Desgel, la

cual no contabiliza esta energía dentro del mix Español, y la resta al factor de emisión del mix eléctrico.

Para el factor de emisión de CO2 del mix eléctrico español se consideran las siguientes fuentes de energía primaria, de régimen ordinario: Hidráulica, Nuclear, Carbón, Fuel/gasoil, Ciclo combinado; y de régimen especial: Hidráulica, eólica, Biomasa, Residuos Sólidos Urbanos e Industriales, solar, carbón, Fuel/gasoil, gas de refinería y gas natural (ver anexo 1).

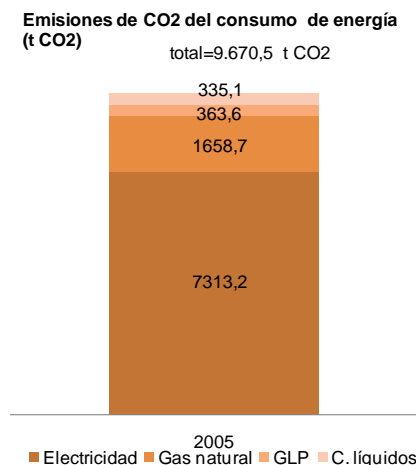


Gráfico 22. Emisiones de CO2 del consumo de energía del sector doméstico, del municipio de SMPT (t CO2). Fuente: Elaboración propia.

Las mayores emisiones de CO2 del consumo de energía se deben al uso de electricidad, es decir esta es la principal fuente de energía del sector doméstico de este municipio (75%), con un consumo muy superior al resto de los combustibles. Este es un punto importante a considerar para la elaboración de propuestas de reducción de emisiones, ya que plantear medidas para disminuir el consumo de electricidad para este municipio, es una buena estrategia de reducción de emisiones de CO2 (Gráfico 22).

Alternativas para la reducción de emisiones de CO2 del sector doméstico del municipio de Santa María de Palautordera.

Energía: Emisiones de GEI derivadas del consumo energético del sector doméstico										
Formula	Variables	Año							Unidad	Fuente
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007		
$\frac{(C_e * F_e) + (C_{gn} * F_{gn}) + (C_{glp} * F_{glp}) + (C_{cl} * F_{cl}) + (C_c * F_c) + (C_{bio} * F_{bio})}{1000}$	Ce: Consumo eléctrico.	9.987.551	12.146.060	13.372.939	15.261.604	16.669.975	15.016.012	14.425.152	KWh	Instituto Catalán de Energía (ICAEN).
	Fe: Factor de emisión de la electricidad	0,409	0,470	0,406	0,420	0,439	0,388	0,397	Kg CO2 eq /KWh	Red Eléctrica de España (REE)
	Cgn: Consumo de gas natural.	779.884	2.737.967	3.143.607	7.071.895	7.942.648	8.205.506	8.806.700	KWh	Instituto Catalán de Energía (ICAEN).
	Fgn: Factor de emisión del gas natural.	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202	Kg CO2 eq /KWh	PMEB. Plan de mejora energética de Barcelona.
	C glp_P: Consumo de GLP	1674524,66	1615161,29	1611943,18	1597834,43	1553021,0	1355643,02	1316544,85	KWh	Instituto Catalán de Energía (ICAEN), Diputació de Barcelona.
	F glp: Factor de emisión del GLP.	0,234	0,234	0,234	0,234	0,234	0,234	0,234	Kg CO2 eq /KWh	PMEB. Plan de mejora energética de Barcelona.
	Ccl: Consumo combustibles líquidos	1964051,5	1661051,12	1569019,03	1300678,62	1230505,1	935690,295	1181192,46	KWh	Instituto Catalán de Energía (ICAEN), Diputació de Barcelona.
	F cl: Factor de emisión de combustibles líquidos	0,272	0,272	0,272	0,272	0,272	0,272	0,272	Kg CO2 eq /KWh	PMEB. Plan de mejora energética de Barcelona.
	Cc: Consumo de Carbon	-	-	-	-	-	-	-	(KWh)	
	Fc: Factor de emisión del carbon	0,347	0,347	0,347	0,347	0,347	0,347	0,347	Kg CO2 eq /KWh	Plan de energías renovables para España 2005-2010
	C bio: Consumo de Biomasa	-	-	-	-	-	-	-	(KWh)	
	Fbio. Factor de emisión de la Biomasa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	(gCO2 eq/KWh).	Plan de energías renovables para España 2005-2010
TOTAL		5167,1	7091,1	6863,8	8561,4	9617,4	8058,5	8140,3	t CO2	

Tabla 13. Indicadores y variables para la cuantificación de las emisiones de CO2 del consumo de energía del sector doméstico. Fuente: Elaboración propia.

4.3. Indicador 2. Agua: Emisiones de GEI del consumo energético del ciclo del agua del sector doméstico:

Descripción: Este indicador, como se describió en el capítulo 2.3.1, cuantifica las emisiones de CO2 anuales asociadas a los consumos energéticos de las instalaciones de depuración y distribución de agua potable, y de tratamiento de agua residual (Tabla 13).

En SMPT existen dos empresas suministradoras de agua potable, una se denomina Comunidad de Aguas SL. que abastece principalmente al casco antiguo de la ciudad, y la otra se llama empresa SOREA que abastece a los sectores de Can Bosc, Puente Roto - Moixerigues y El Temple - El

Virgili - Ca Abril. En los barrios del Temple, El Virgili y Ca Abril esta red pública cuelga de la red municipal del municipio vecino de Sant Celoni.

El consumo de agua potable total para uso doméstico del año 2005 fue de 983.389 m3. El 53%, es decir 521.196,17 m3 se obtuvo de la red de abastecimiento de agua, y un 47% (462.192,8 m3) se obtuvo de captaciones propias (pozos). (Fuente: MINUARTIA, Estudios Ambientales (2006). Auditoría Ambiental Municipal de Santa María de Palautordera 2006. pág317).

Las emisiones de CO2 asociadas a las captaciones de agua desde fuentes propias (el 91% de las captaciones propias corresponden a pozos

Alternativas para la reducción de emisiones de CO2 del sector doméstico del municipio de Santa María de Palautordera.

Agua. Emisiones de GEI del consumo energético del ciclo del agua.										
Formula	Variables	Año							Unidad	Fuente
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007		
$\frac{[(Ca * Fc_{ap} * F_e) / (1-(Pa/100))] + [V_{at} * Fc_{at} * F_e]}{1000}$	Ca: Consumo de agua.	494.703	425.090	502.002	518.610	521.196	-	-	m3	Auditoria Ambiental Municipal (AAM) de Santa M.
	Fc _{ap} : Factor de consumo de energía del agua potable.	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	Kwh/m3	Ayuntamiento. Estación de tratamiento de agua potable.
	Fe: Factor de emisión de la electricidad	408,8	469,9	405,6	419,6	438,7	388,1	397,2	Kg CO2 eq /kWh	Red Eléctrica de España (REE)
	Pa: Perdidas de agua en la red.	13	13	13	13	13	13	13	%	ETAP y/o desaladora
	V _{at} : Volumen de agua residual	-	-	-	-	572.802	-	-	m3	Auditoria Ambiental Municipal (AAM) de Santa M.
	Fc _{at} : Factor de consumo de energía para agua residual	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	(kWh/m3).	Ayuntamiento. Estación de depuración de agua residual.
TOTAL						200,4			t CO2	

Tabla 14. Indicadores y variables para la cuantificación de las emisiones de CO2 del consumo energético del ciclo del agua, del sector doméstico. Fuente: Elaboración propia.

privados a escala domiciliaria) no serán consideradas en este indicador, ya que están contabilizados en el indicador de emisiones de GEI derivadas del consumo energético del sector doméstico.

El consumo energético del bombeo de agua potable de la red de abastecimiento se produce por gravedad, por lo tanto su valor es poco significativo (se considera igual a cero). El consumo energético para potabilización de agua de la estación de tratamiento (ETAP) fue de 80.000 KWh para el año 2005 (Fuente: Ayuntamiento).

Para el caso del agua residual, el volumen de agua tratada por la estación depuradora de agua residual (EDAR) para el año 2005 fue en promedio de 2000 m3/día (Fuente: MINUARTIA, Estudios Ambientales (2006). Auditoría Ambiental Municipal de Santa María de Palautordera 2006. Pág. 331). Este volumen representa un total anual de agua residual tratada de 730.000 m3.

El consumo energético para la planta depuradora fue de 361.629 KWh en el año 2005, que se debe principalmente al consumo energético de dos estaciones de bombeo que llevan el agua residual hasta la estación depuradora (Fuente: Ayuntamiento). Debido a que Santa María de Palautordera y San Esteve de Palautordera comparten una la estación de depuración de agua residual (EDAR), y que no existen caudalímetros para diferenciar el volumen de agua tratada de cada municipio, se calcula por proporcionalidad entre los habitantes de cada uno, (total=730.000 m3, Santa María de Palautordera= 572.802).

Como se ve en el gráfico 23, las emisiones GEI más importantes asociadas al ciclo del agua se deben al tratamiento de agua residual, con un 76% del total de emisiones, que se producen por el bombeo de agua hasta la planta depuradora. Las emisiones de CO2 del consumo energético del ciclo del agua del sector doméstico para el año 2005 en SMPT fue de 200,4 t CO2.

**Emisiones de CO₂ del ciclo del agua
(t CO₂)**

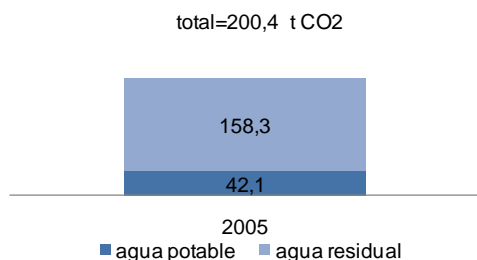


Gráfico 23. Emisiones de CO₂ del consumo energético del ciclo del agua del sector doméstico, del municipio de SMPT (t CO₂). Fuente: Elaboración propia

4.4. Indicador 3. Residuos (energéticos). Emisiones de GEI de las instalaciones de tratamiento de residuos.

Descripción: Este indicador cuantifica las emisiones de CO₂ anuales asociadas a los consumos energéticos de las instalaciones de tratamiento de residuos.

En SMPT todos los residuos son tratados por el depósito controlado de residuos “Les Valls” el cual tiene instalaciones para aprovechamiento de Biogás y está ubicado dentro del término municipal, (no existe exportación de residuos a otros municipios). Se hace captación, evacuación y aprovechamiento energético del biogás mediante una planta de cogeneración, con un motor de combustión interna tipo Jenbacher de 1 MW de potencia. Es gestionado por Cespagestión de residuos, SA.

Los valores de deposición controlada con aprovechamiento energético corresponden a residuos de fracción unitaria, y no se consideran las emisiones asociadas al tratamiento de recogida selectiva o deixalleries. La Recogida Selectiva es gestionada por el Consorcio para la Gestión de los Residuos del Vallès Oriental, del total de residuos recogidos el año 2005, se valorizó mediante recogida selectiva para reciclarse el 18,7% Fuente: MINUARTIA, Estudios Ambientales (2006). Auditoría Ambiental Municipal de Santa María de Palautordera 2006. pág. 346).

En este municipio en los años analizados no existía incineración, metanización, ni compostaje (Fuente: Agencia de residuos de Cataluña).

En el año 2005 la energía total producida por el aprovechamiento del Biogás fue equivalente a 499,86 TEP de las cuales aproximadamente el 50% se consume en la propia instalación, y el excedente se vende a la red general eléctrica (Fuente: MINUARTIA, Estudios Ambientales (2006). Auditoría Ambiental Municipal de Santa María de Palautordera 2006. pág. 346). Debido entonces a que el depósito de residuos produce su propia energía, es que se considera el factor de consumo de energía de las instalaciones para deposición controlada igual a cero (tabla 14).

4.5. Indicador 4. Residuos (procesos químicos). Emisiones de GEI de los residuos municipales.

Descripción: Este indicador cuantifica las emisiones de los gases de efecto invernadero que se producen por los procesos químicos ocurridos en los depósitos de residuos, los principales gases que emanan de este depósito son el Metano o el Oxido Nitroso. Estas emisiones dependen del tipo de tratamiento de residuos, los cuales pueden ser compostaje, incineración, metanización o deposición controlada.

En SMPT en los años analizados no existía incineración, metanización, ni compostaje (Fuente: Agencia de residuos de Cataluña).

Alternativas para la reducción de emisiones de CO2 del sector doméstico del municipio de Santa María de Palautordera.

Indicador 3: Emisiones de GEI de las instalaciones de tratamiento de residuos del sector doméstico.										
Formula	Variables	Año							Unidad	Fuente
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007		
$\frac{[(Dc * Fc dc) + (Dc ae * Fc Dc_ae) + (In * Fc in) + (Me * Fc me) + (Co * Fc co)] * Fe}{1000}$	Dc: Deposición controlada	0	0	0	0	0	0	0	tn	Agencia de residuos de Cataluña
	Fc dc: Factor de consumo de energía en deposición controlada	4,028	4,028	4,028	4,028	4,028	4,028	4,028	kWh/tn	Agencia de ecología urbana de Barcelona.
	Dc ae: Deposición controlada con aprovechamiento energético	4.325	4.476	4.736	5.089	4.700	4847	4274	tn	Agencia de residuos de Cataluña
	Fc Dc_ae: Factor de consumo de energía de deposición controlada con aprovechamiento energético	0	0	0	0	0	0	0	kWh/tn	Auditoria Ambiental Municipal (AAM) de Santa M.
	In: Incineración	0	0	0	0	0	0	0	tn	Agencia de residuos de Cataluña
	Fc in: Factor de consumo de energía en incineración	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	kWh/tn	Agencia de ecología urbana de Barcelona.
	Me: metanización	0	0	0	0	0	0	0	tn	Agencia de residuos de Cataluña
	Fc me: Factor de consumo de energía metanización	50	50	50	50	50	50	50	kWh/tn	Agencia de ecología urbana de Barcelona.
	Co: Compostaje	0	0	0	0	0	0	0	tn	Agencia de residuos de Cataluña
	Fc co: Factor de consumo de energía compostaje	35	35	35	35	35	35	35	kWh/tn	Agencia de ecología urbana de Barcelona.
	Fe: Factor de emisión de la electricidad	0,409	0,470	0,406	0,420	0,439	0,388	0,397	Kg CO2 eq /kWh	Red Eléctrica de España (REE)
TOTAL		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	tn CO2	

Tabla 15. Indicadores y variables para la cuantificación de las emisiones de CO2 de las instalaciones de tratamiento de residuos del sector doméstico. Fuente: Elaboración propia.

El factor de emisión de GEI asociados al tratamiento de deposición controlada con aprovechamiento energético se obtiene del programa Desgel, y se considera constante para todos los municipios que utilicen la metodología, sin embargo este factor varía de acuerdo al porcentaje de humedad y materia orgánica que tienen los residuos. Se calcula con las emisiones directas de los gases de efecto invernadero que emanan de los vertederos, tales como CH4, N2O, y considerando que se aprovecha un 40% de estos gases para producción de energía eléctrica, y el resto va a la atmosfera.

Debido a que no es posible diferenciar si los residuos depositados en los contenedores, tienen un origen habitacional o comercial, se asigna un valor proporcional al número de viviendas respecto el número de comercios y servicios del municipio (90% para viviendas y 10% para comercios, fuente: POUM 2008).

Del volumen de residuos de recogida selectiva, se considera que un 20% no es aprovechado en la planta de reciclaje, el cual se envía al depósito de residuos. En el año 2005 recogida selectiva fue de 2222 t de residuos (Fuente: MINUARTIA, Estudios Ambientales (2006). Auditoría Ambiental Municipal

de Santa María de Palautordera 2006. Pág. 363), por lo tanto 444,4 t (20%) fue depositada en la planta de tratamientos de residuos.

Emisiones de CO₂ de los residuos (t CO₂ eq)

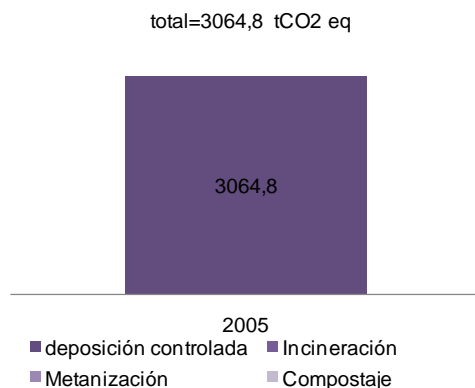


Gráfico 24. Emisiones de CO₂ de los residuos del sector doméstico, del municipio de SMPT (t CO₂ eq). Fuente: Elaboración propia.

Las emisiones asociadas al tratamiento de residuos para el año 2005 en SMPT fueron de 3064,8 t CO₂ eq. (Gráfico 24).

4.6. Indicador 5. Materiales de construcción. Emisiones de GEI de los materiales de construcción de viviendas.

Descripción: Este indicador cuantifica las emisiones de CO₂ anuales asociada a los materiales empleados en la construcción de viviendas. Le asigna un factor de emisión de CO₂ por superficie de vivienda construida. Se utilizan dos tipologías de viviendas como referencia, una corresponde a una vivienda plurifamiliar en bloque, y el otro corresponde a una vivienda unifamiliar aislada.

La superficie de vivienda aislada y en bloque se obtuvo del total de licencias de obra entregadas por el ayuntamiento para cada año, desde el año 2007 al año 2009. Se cuantifica la superficie útil por vivienda, es decir sin contabilizar estacionamientos subterráneos, porches, garajes (esta superficie está incluida en el factor de emisión de CO₂).

Emisiones de CO₂ de los materiales de construcción (t CO₂)

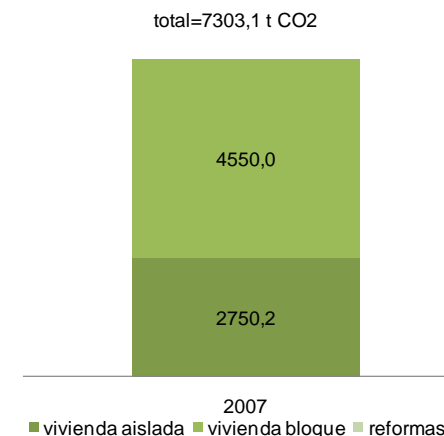


Gráfico 25. Emisiones de CO₂ del consumo de materiales de construcción sector doméstico, del municipio de SMPT (t CO₂). Fuente: Elaboración propia.

Para obtener el factor de emisión de CO₂ por superficie de vivienda construida (kg CO₂/m²), y en el caso de vivienda plurifamiliar en bloque, se utiliza el informe “Estudio de las posibilidades de reducción de emisiones de CO₂, y su aplicación en el proyecto de 60 viviendas en Tossa de Mar”, El cual indica que las emisiones para un edificio de referencia denominado “Edificio Bedec”, son de 555,38 Kg CO₂/m² por cada unidad de superficie útil interior (este factor tiene incorporado las emisiones asociadas a la parte de la edificación subterránea, como por ejemplo estacionamientos). (ver anexo 2).

Alternativas para la reducción de emisiones de CO2 del sector doméstico del municipio de Santa María de Palautordera.

Indicador 4: Emisiones de GEI de los residuos municipales.										
Formula	Variables	Año							Unidad	Fuente
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007		
$\frac{[(Dc * F dc) + (Dc ae * F Dc_ae) + (In * F in) + (Me * F me) + (Co * F co)]}{1000}$	Dc: Deposición controlada	0	0	0	0	0	0	0	tn	Agencia de residuos de Cataluña
	F dc: Factor de emisión de RM en deposición controlada	1.241	1.241	1.241	1.241	1.241	1.241	1.241	Kg CO2 eq /tn RM	Agencia de ecología urbana de Barcelona.
	Dc ae: Deposición controlada con aprovechamiento energético	3.938	4.121	4.366	4.694	4.116	4363	3846	tn	Agencia de residuos de Cataluña
	F Dc_ae: Factor de emisión de deposición controlada con aprovechamiento energético	744,7	744,7	744,7	744,7	744,7	744,7	744,7	Kg CO2 eq /tn RM	Agencia de ecología urbana de Barcelona.
	In: RM Incinerados	0	0	0	0	0	0	0	tn	Agencia de residuos de Cataluña
	FIn: Factor de emisión del tratamiento de incineración	2.203	2.203	2.203	2.203	2.203	2.203	2.203	Kg CO2 eq /tn RM	PMEB. Plan de mejora energética de Barcelona.
	Me: RM metanizados	0	0	0	0	0	0	0	tn	Agencia de residuos de Cataluña
	FMe: Factor de emisión de la metanización	440	440	440	440	440	440	440	Kg CO2 eq /tn RM	Agencia de ecología urbana de Barcelona.
	Co: RM para Compostaje	0	0	0	0	0	0	0	tn	Agencia de residuos de Cataluña
	FCo: Factor de emisión del compostaje	320	320	320	320	320	320	320	Kg CO2 eq /tn RM	Agencia de ecología urbana de Barcelona.
TOTAL		2932,4	3068,8	3251,5	3495,7	3064,8	3248,7	2864,2	t CO2	

Tabla 16. Indicadores y variables para la cuantificación de las emisiones de CO2 de los residuos del sector doméstico. Fuente: Elaboración propia.

Indicador 5: Emisiones de GEI de los materiales de construcción de viviendas										
Formula	Variables	Año							Unidad	Fuente
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009		
$\frac{S va * F va + S vb * F vb + S re * F er}{1000}$	S va= Superficie vivienda unifamiliar aislada.	-	-	-	-	3657,2	1606,11	964,89	m2	Ayuntamiento.
	F va= Factor de emisión vivienda aislada	752	752	752	752	752	752	752	Kg CO2 eq/m2	ITEC.
	S vb= Superficie vivienda en bloque	-	-	-	-	8227,8	0	0	m2	Ayuntamiento.
	F vb= Factor de emisión vivienda en bloque	553	553	553	553	553	553	553	Kg CO2 eq/m2	Estudio BEDEC, ITEC
TOTAL						7303,1	1207,7	725,5	t CO2	

Tabla 17. Indicador y variables para la cuantificación de las emisiones de CO2 del consumo energético de los materiales de construcción de viviendas, del sector doméstico. Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la vivienda unifamiliar aislada, se hace una estimación utilizando los valores del caso de estudio anterior, y se le aplica un factor de corrección a cada una de las partidas de obra de este, de acuerdo al volumen adicional de material que tiene una vivienda por cada unidad de superficie habitable (ver anexo 2). Las emisiones asociadas a los materiales para la construcción de una vivienda aislada es de 751,95 Kg CO₂/m².

En el gráfico 25, la mayor cantidad de emisiones corresponde a la construcción de vivienda en bloque, que en el año 2007 correspondió a al 69% de la superficie de viviendas construidas. Sin embargo las emisiones asociadas a la construcción de una vivienda en bloque es menor en comparación a una vivienda aislada, esto se debe a que este tipo de viviendas consume menos material por superficie construida, y a que generalmente estas viviendas tienen en promedio una menor superficie.

4.7. Inventario Base de emisiones de CO₂:

Emisiones de CO₂ del sector doméstico (t CO₂ eq)

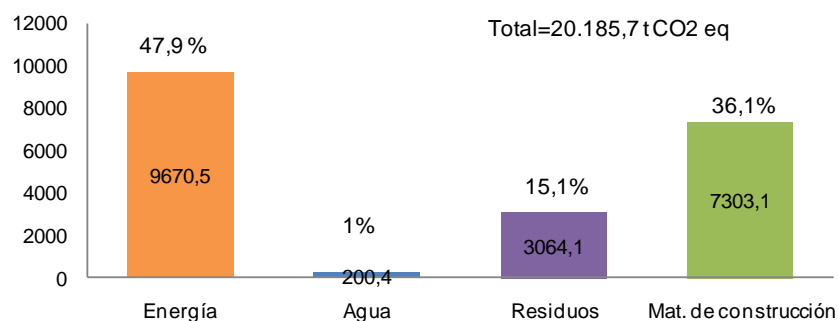


Gráfico 26. Emisiones de CO₂ sector doméstico de SMPT (t CO₂ eq). Fuente: Elaboración propia.

Emisiones de CO₂ sector doméstico (t CO₂ eq)

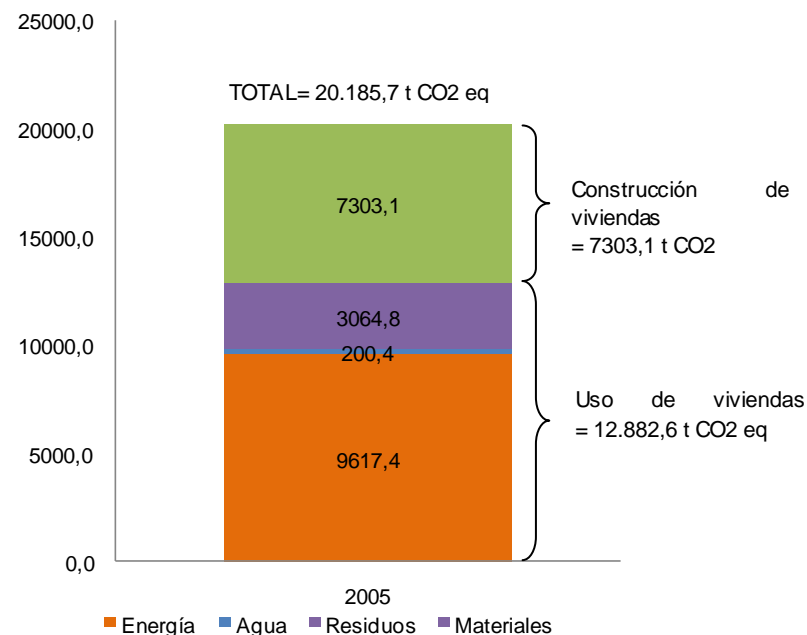


Gráfico 27. Emisiones de CO₂ sector doméstico de SMPT (t CO₂ eq). Fuente: Elaboración propia.

Para SMPT las emisiones totales de CO₂ para el año base 2005 del sector doméstico fueron de 20.185,7 t CO₂ eq. Para lograr el objetivo planteado en este trabajo de reducir el 20% para el sector doméstico para el año 2020, estas emisiones no deberían superar las 16.148,6 t CO₂ eq.

Para el sector doméstico de SMPT, los valores más altos de emisiones de CO₂ corresponden al consumo de energía en viviendas, destacando las emisiones asociadas a la electricidad con un 36% de las emisiones totales, y las emisiones asociadas a los materiales de construcción, que también equivalen al 36% del total.

Las emisiones de CO2 de los residuos también tienen un valor elevado, considerando que este municipio tiene un alto potencial para mejorar la recogida selectiva (actualmente existe solo un 18% de recogida selectiva).

Las emisiones asociadas al ciclo del agua tiene un valor bajo en comparación a los otros consumos, por lo tanto plantear acciones en este sector no tendría un impacto significativo en la reducción de emisiones de CO2.

En el gráfico 29, para comparar las emisiones de SMPT con las emisiones de los otros municipios analizados en el capítulo 3, se utilizaron las emisiones del sector doméstico de SMPT asociadas a los consumos energéticos obtenidos en el indicador 1, Energía (es decir no se utilizan las emisiones asociadas al gua, residuos o materiales de construcción). Esto se debe a que los otros municipios solo cuantificaron energía en sus metodologías de medición.

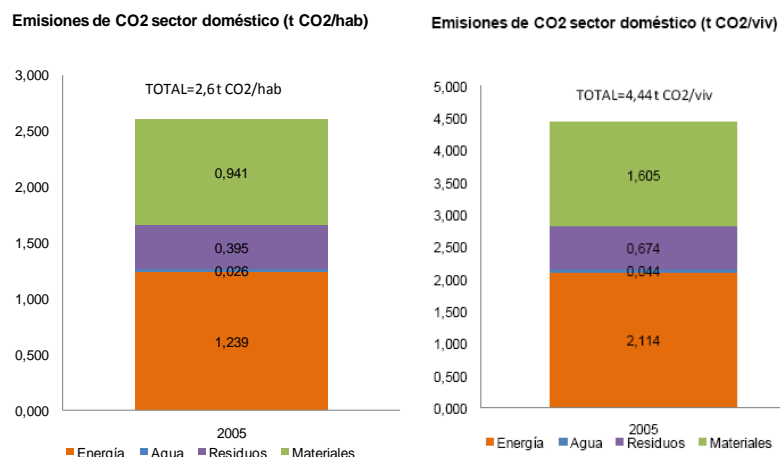


Gráfico 28. Emisiones de CO2 por habitantes y por viviendas del sector doméstico de SMPT (t CO2 eq/ hab). Fuente: Elaboración propia.

Las emisiones de CO2 de SMPT de los consumos energéticos del sector doméstico son inferiores a los municipios de Dublín y Sitges, pero son superiores a los municipios de Vitoria y Gasteiz, de la Unión Europea y de España.

Si se consideran todas las emisiones cuantificadas en la metodología empleada en este trabajo, (materiales de construcción, residuos y agua y energía), las emisiones de Santa Maria de Palautordera para el sector doméstico aumentarían al doble, esto muestra la importancia de las emisiones asociadas a los materiales de construcción, las cuales no están siendo cuantificadas actualmente en los planes de acción del Pacto de los Alcaldes, dejando sin medir y sin reducir una cantidad importante de emisiones de CO2.

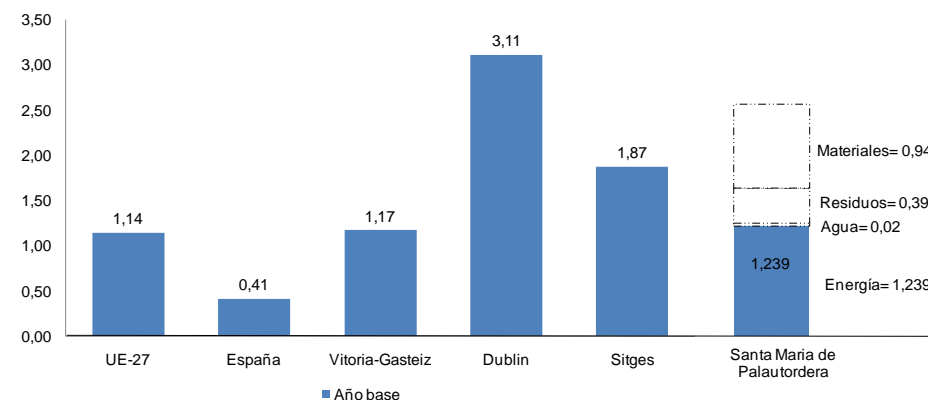


Gráfico 29. Comparación de las emisiones de CO2 del sector doméstico de diferentes municipio (t CO2 eq/hab). Fuente: Elaboración propia con información de varias fuentes.

Capítulo 5. Propuestas de reducción de emisiones de CO2 para el sector doméstico en Santa María de Palautordera.

Consumo de energía del municipio de Santa María de Palautordera.

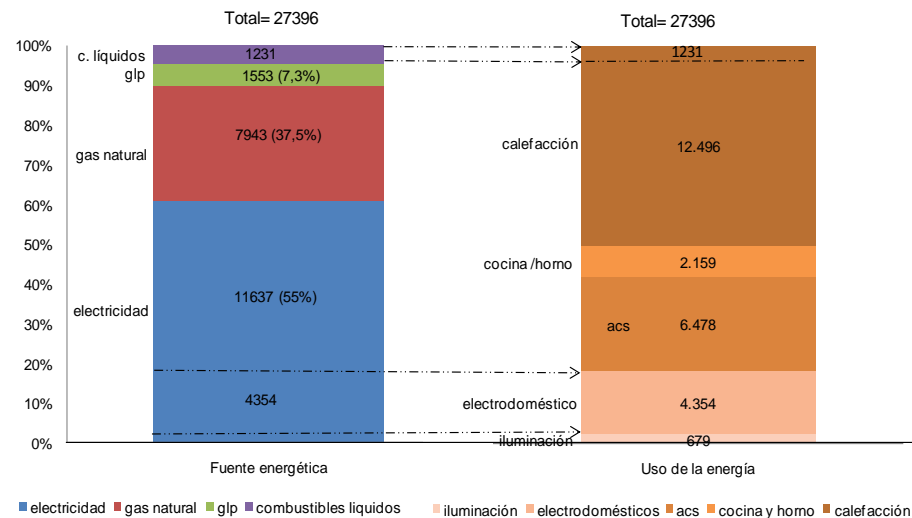


Gráfico 30. Consumo de energía del sector doméstico del municipio de Santa María de Palautordera del año 2005(MWh). Fuente: Elaboración propia.

El consumo energético total del sector doméstico en Santa María de Palautordera, considerando todas las viviendas del año 2005 (4450 unidades) fue de 27.396,1 Mwh/año. Este valor se obtiene del inventario de emisiones realizado en el capítulo anterior, el cual entrega información de las fuentes energéticas utilizadas para ese año en el municipio, y los consumos de electricidad, gas natural, GLP y combustibles líquidos.

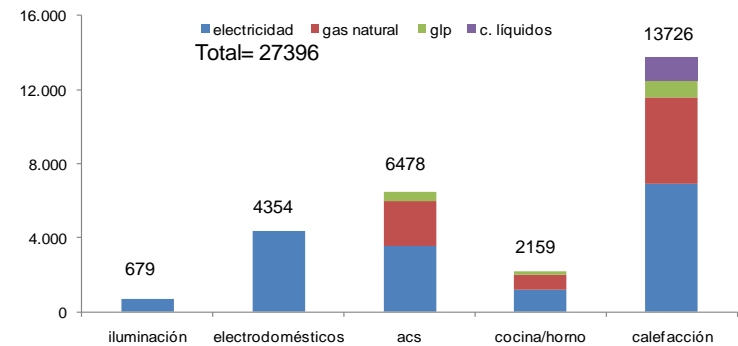


Gráfico 31. Consumos de energía por actividad y por fuente energética del año 2005 (MWh). Fuente: Elaboración propia.

Uso/fuente	electricidad (MWh)	gas natural (MWh)	glp (MWh)	c. líquidos (MWh)	TOTAL (MWh)	% ICAEN
iluminación	679	0	0	0	679	5
electrodomésticos	4.354	0	0	0	4.354	18
acs	3567,0	2434,6	476,0	0	6.478	26
cocina/horno	1189,0	811,5	158,7	0	2.159	9
calefacción	6881,0	4696,5	918,3	1231	13.726	42
TOTAL	16.670	7942,6	1553,0	1230,5	27.396	100

Tabla 18. Consumo de energía (MWh) por fuente y por uso, del sector doméstico del municipio de SMPT.

Para el cálculo de los consumos energéticos por actividad, considerando el uso para iluminación, electrodomésticos, agua caliente sanitaria (ACS), cocina-horno y calefacción, se utiliza como referencia los porcentajes de un estudio desarrollado por el Instituto Catalán de Energía (ICAEN), que define los usos energéticos para una vivienda tipo de Cataluña, ubicada en un clima interior de la provincia de Barcelona, de 90m2 ocupada por 4 personas. Mediante esta información es posible estimar el porcentaje que le corresponde a cada actividad, y a partir de este conocer el combustible utilizado por cada una de ellas (tabla 17).

Cálculo del consumo de energía por vivienda:

En SMPT existe un gran número de viviendas de segunda residencia, (28% para el año 2001 según censo, fuente idescat), por lo tanto es importante considerar que el consumo anual de estas viviendas es menor que el consumo anual de una vivienda principal, debido a que no tienen un uso continuado en el tiempo, (solo son utilizadas durante vacaciones, fines de semana o periodos de fiesta).

Es por este motivo, para calcular el consumo energético de SMPT por viviendas, no se utilizan el total de viviendas del municipio, sino se hace una estimación del número de viviendas que son continuamente utilizadas. Para esto se calcula el número de viviendas de uso continuo equivalente, el cual permite conocer el número de viviendas que son utilizadas durante todo el año de manera continua, considera el porcentaje de uso de las viviendas principales al año, más el porcentaje de uso de las viviendas secundarias al año. Se expresa a través de la siguiente fórmula:

- $V_{eq} = (Viv. principales * \% uso al año) + (Viv. secundarias * \% uso al año)$
- $V_{eq} = (3049 * 0,85) + (1278 * 0,15)$
- $V_{eq} = 2783$ viviendas de uso continuo equivalente del año 2005.

Diferenciar los consumos entre vivienda principal y secundaria permitirá tener un valor más exacto del consumo de energía por vivienda, y con esta información poder proponer acciones de reducción de emisiones de mejor manera. Estos valores son utilizados en las acciones de reducción, a los cuales se les aplica el factor emisión de CO₂ del combustible utilizado para cada uso y actividad.

El consumo de energía por vivienda para el año base 2005 fue de 9.844 KWh/viv. equivalente en SMPT, (Tabla 18).

Uso/fuente	electricidad (KWh/viv. eq)	gas natural (KWh/viv. eq)	glp (KWh/viv. eq)	c. líquidos (KWh/viv. eq)	TOTAL (KWh/viv. eq)
iluminación	244	0	0,0	0,0	244
electrodomésticos	1.565	0	0,0	0,0	1.565
acs	1.282	875	171,0	0,0	2.328
cocina/horno	427	292	57,0	0,0	776
calefacción	2.473	1688	330,0	442,2	4.932
TOTAL	5.990	2854	558,0	442,2	9.844

Tabla 19. Consumo de energía por viviendas (KWh/viv. equiv.) por fuente y por uso del sector doméstico del municipio de SMPT.

5.1. Escenarios de emisiones de CO₂:

El objetivo del Pacto de los Alcaldes es reducir un 20% las emisiones de CO₂ de un ámbito municipal incluyendo todos los sectores de este municipio²⁶ para el año 2020. En este trabajo final de máster, se plantea como objetivo una reducción del 20% de las emisiones para el sector doméstico.

Para lograr el objetivo antes mencionado, es necesario reducir las emisiones de CO₂ del año base 2005 del sector doméstico, las cuales de acuerdo a los resultados obtenidos en el capítulo 4.1, fueron de 20.185,7 t CO₂ eq. Estas emisiones se deben reducir en un 20% para el año 2020, es decir el objetivo es lograr que en el año 2020 no se emitan más de 16.148,6 t CO₂eq para el sector doméstico. (Gráfico 32).

Para una mejor interpretación de los datos, se han separado las emisiones asociadas a los materiales de construcción, respecto a las emisiones asociadas al uso de viviendas (energía, agua y residuos), con esta información se realizarán las propuestas de reducción de emisiones.

²⁶ Los sectores municipales pueden ser transporte, equipamientos municipales, residuos, industria, doméstico, etc.

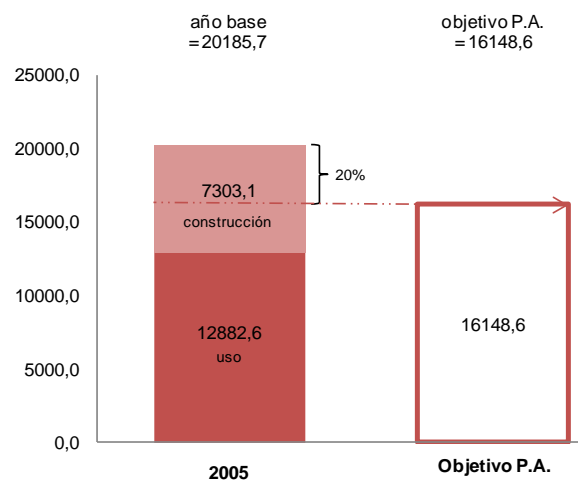


Gráfico 32. Año base de emisiones de CO2 (año 2005) y objetivo de reducción de emisiones del Pacto de los Alcaldes de SMPT.

Escenario 1. Escenario Tendencial 2020 (T): Para el cálculo de las emisiones de CO2 del año 2020, se utiliza la proyección del número de viviendas estimada por el Plan de Ordenación Urbana Municipal (POUM, 2008) de SMPT. Las estimaciones realizadas a partir del análisis de este estudio, indican un crecimiento del parque de viviendas de 1318 unidades nuevas, que se suman a las existentes del año base 2005, completando un total de 5868 viviendas para el año 2020. (Tabla 19).

Se han separado las emisiones asociadas a la construcción de viviendas, respecto a las emisiones asociadas al uso de viviendas. También se han diferenciado las emisiones de las viviendas nuevas (color verde) respecto a las emisiones de las viviendas existentes (color rojo)²⁷. Gráfico 33.

²⁷ Se entiende por viviendas nuevas a las viviendas construidas entre el año 2005 y el año 2020 (1318 viv.), y por viviendas existentes a las del año 2005 (4550 viv.)

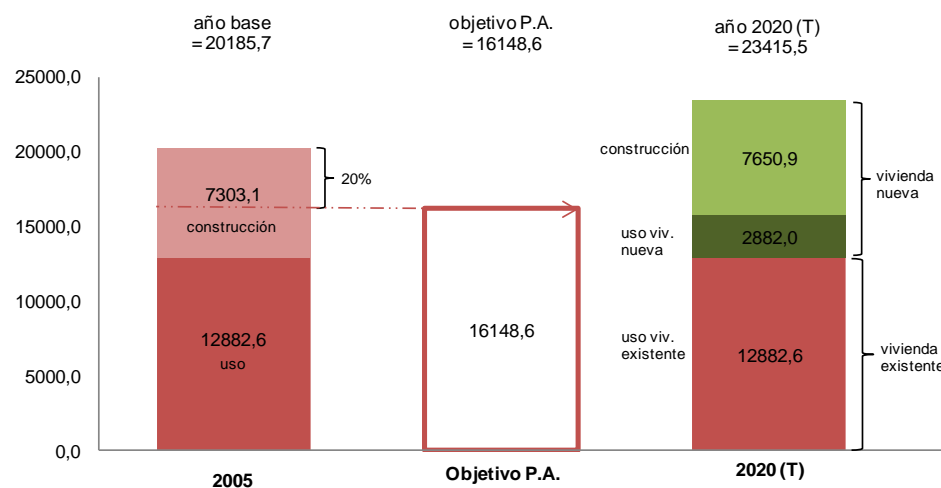


Gráfico 33. Año base de emisiones de CO2 (año 2005), objetivo de reducción de emisiones del Pacto de los Alcaldes y escenario tendencial 2020 (T) en SMPT.

Año	t CO2 eq	viviendas	hab
2005	20185,7	4550	7762
2020 (T)	23415,5	5868	11530

Tabla 20. Emisiones de CO2 del año base (2005) y estimaciones del año tendencial 2020(T) del sector doméstico del municipio de SMPT.

Para el cálculo del escenario tendencial 2020 (T) se han considerado las siguientes variables:

Para las emisiones asociadas al uso de las viviendas²⁸ existentes del 2020, se mantienen las mismas condiciones del año 2005, es decir estas emiten 2,831 t CO2 eq/viv. Con un total de 4550 viviendas, es decir el total

²⁸ Se entiende por emisiones asociadas al uso de viviendas, a las emisiones de CO2 del consumo de energía, al consumo de agua y a los residuos.

de emisiones de CO2 del uso de viviendas existentes es de 12.882,6 t CO2 eq.

Para las emisiones asociadas al uso de viviendas nuevas construidas entre el 2005 y el 2020, se mantendrán los mismos valores por unidad de vivienda del año 2005, es decir estas emiten 2,831 t CO2 eq/viv., y se aplican sobre las viviendas nuevas (se estima la construcción de 1318 nuevas construidas entre el año 2005 y el año 2020, POUM, 2008). En el caso de las emisiones asociadas al uso de energía se considera una reducción del 30,5% por la aplicación del código técnico de la edificación (Fuente: Estrategia de ahorro y eficiencia energética de España, 2004-2012, E4). Las emisiones asociadas al uso de viviendas nuevas para el año 2020 (T) es de 2882 t CO2 eq. (gráfico 33).

Para las emisiones asociadas a la construcción de viviendas nuevas, se considera que cada vivienda construida emitirá la misma cantidad que las viviendas construidas en el año 2005, es decir 86,94 t CO2 eq/viv. y se aplican sobre el parque de viviendas nuevas. A partir del POUM se estima la construcción de 1318 nuevas entre el año 2005 y el año 2020, es decir se consideran 88 viviendas por año. Las emisiones asociadas a la construcción de viviendas nuevas para el año 2020 (T) es de 7650,9 t CO2 eq. (gráfico 33).

	Vivienda existente (2005)		Vivienda nueva (2020)	
	(t CO2/año)	(tO2/viv*año)	(Nº viv)	(t CO2/año)
Uso	12.882,60	2,831	1318	2882,0
Construcción	7303,1	86,942	88 /año	7650,9
Total	20.185,70			10532,9

Tabla 21. Emisiones de CO2 estimadas para las viviendas nuevas para el año 2020.

El total de emisiones para el escenario tendencial 2020 (T) es de 23.415,5 t CO2. Estas se dividen en 10532,9 t CO2eq para vivienda nueva, y 12882,6 t CO2 eq. para las viviendas existentes.

5.2. Estrategias para la reducción de emisiones de CO2.

Para cumplir el objetivo de reducción para el escenario tendencial 2020 (T), hay que lograr que en el año 2020 no se supere la barrera de 16.148,6 t CO2 eq para el sector doméstico, que corresponden a la reducción del 20% del año base. Se deben entonces reducir las emisiones desde las 23.415,5 t CO2 eq tendenciales del año 2020, hasta llegar a 16.148,6 CO2. **El objetivo de reducción es de 7.267,5 t CO2.**

Estrategia de reducción 1. Evitar la construcción de viviendas nuevas.

Una posible estrategia para la reducción de emisiones de CO2 es detener completamente la construcción de viviendas nuevas, es decir lograr que sus emisiones sean iguales a cero. Esta estrategia permitiría evitar las emisiones asociadas al uso y construcción de viviendas nuevas, y con esta medida se ahorraría un total de 10.532,9 t CO2 eq. (Gráfico 34).

Con esta acción se superaría el objetivo propuesto por el Pacto de los Alcaldes, ya que se emitirían 12882,6 t CO2 eq (de acuerdo al inventario base de emisiones, el objetivo es emitir un máximo de 16148,6 t CO2 eq). Sin embargo, esta estrategia es muy difícil de implementar debido a que el municipio seguirá creciendo, aumentando su población y por lo tanto necesitará viviendas nuevas.

Además de esto, con esta estrategia no se estaría aplicando ninguna medida para la reducción de emisiones asociadas al uso de las viviendas existentes, sobre las cuales según lo analizado en el capítulo 3, es posible lograr importantes ahorros de emisiones.

Estrategias de reducción para el sector doméstico del municipio de Santa María de Palautordera.

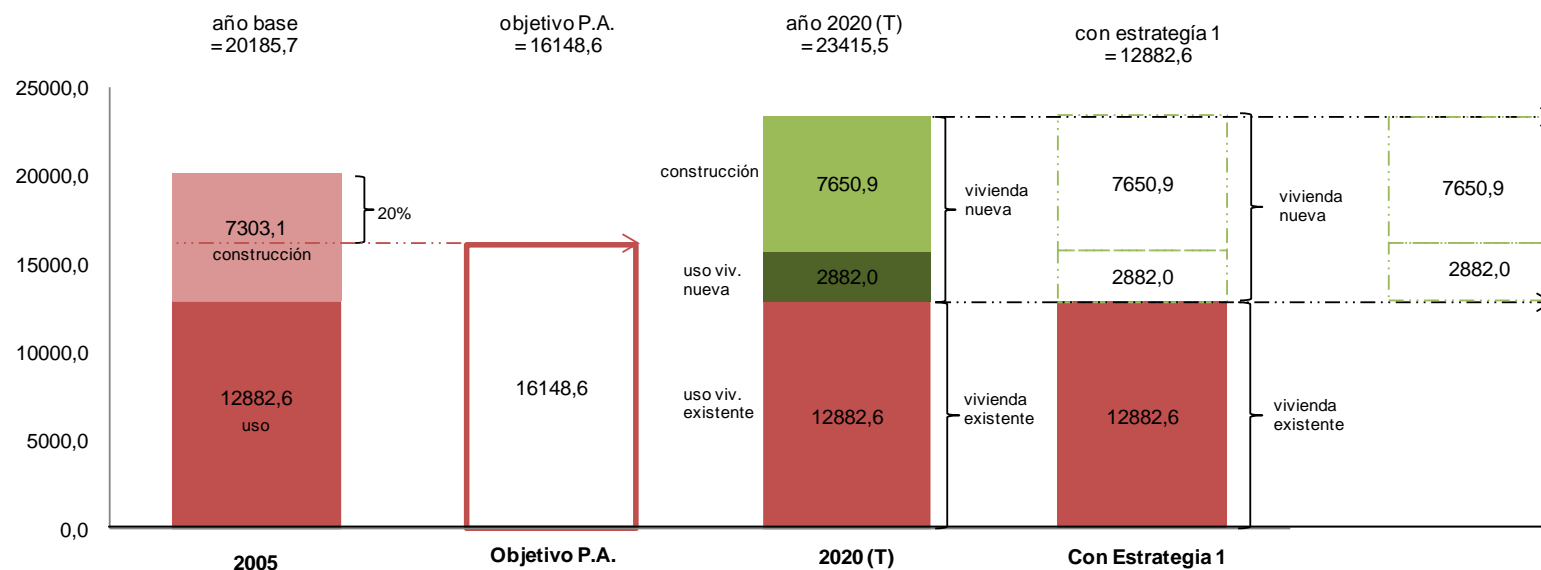


Gráfico 34. Estrategia de Reducción 1, para la reducción de emisiones de CO2 del sector doméstico de SMPT (valores en t CO2 eq). Fuente: Elaboración propia.

Aún así, plantearse esta estrategia permite dimensionar la importancia que tienen las emisiones correspondientes a las viviendas nuevas, y plantear medidas destinadas a reducir el número de estas nuevas viviendas, es una buena estrategia de reducción de emisiones de CO2.

Estrategia de reducción 2. Reducir las emisiones de CO2 de viviendas nuevas y de viviendas existentes:

Se plantea un reparto del esfuerzo de reducción, intentando reducir el máximo posible las emisiones tanto de las viviendas existentes, como de las viviendas nuevas, y así llegar al objetivo planteado por el Pacto de los Alcaldes (de acuerdo al inventario base de emisiones, el objetivo es emitir un máximo de 16148,6 t CO2 eq para el año 2020).

Esta estrategia se divide en tres partes:

1. Se diferencian las emisiones de asociadas al uso de viviendas respecto de las emisiones asociadas a la construcción de viviendas, y se plantean acciones para reducir cada una. Esto permite distribuir las acciones para incluir a ambos sectores. También se diferencia las acciones para viviendas existentes de las acciones para viviendas nuevas. Esto se hace porque las acciones para reducir emisiones de viviendas existentes, tendrán un impacto directo sobre emisiones “reales” que en este momento se están emitiendo a la atmosfera. Por el contrario, hacer propuestas para las nuevas viviendas que se construirán en el futuro, es hacer una estimación de posibles emisiones que no están ocurriendo en este momento, y que no se tiene la certeza que ocurrirán. Además estas emisiones evitadas no

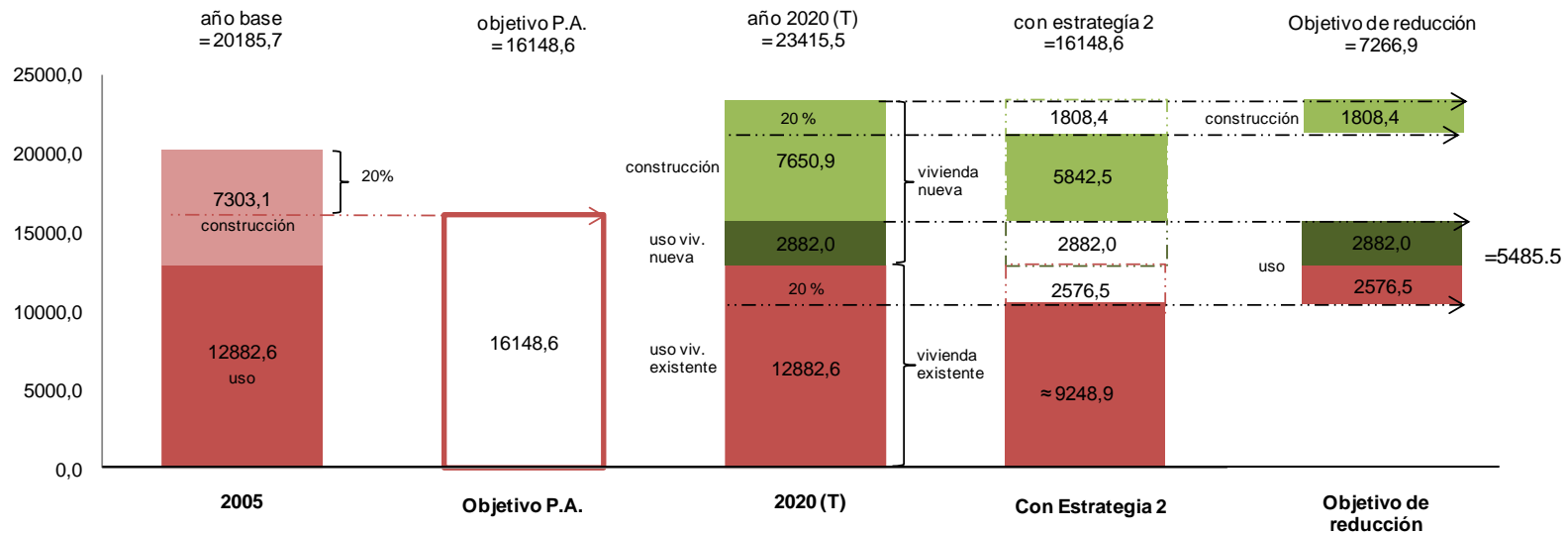


Gráfico 35. Estrategia de Reducción 2, para la reducción de emisiones de CO2 del sector doméstico de SMPT (valores en t CO2 eq). Fuente: Elaboración propia.

serían realmente un ahorro o disminución de emisiones, debido a que estas nuevas viviendas se están sumando al total.

2. Se proponen en primer lugar las acciones destinadas a disminuir la demanda de energía (mejorando los hábitos energéticos, mejorando la envolvente, y mejorando la eficiencia de los sistemas), y de uso de materiales, y en segundo lugar las acciones que plantean la producción de energías con renovables.

3. Se ordenan las acciones desde aquellas más eficientes desde el punto de vista de reducción de emisiones de CO2 por euro invertido (las más económicas), es decir se plantea en primer lugar aquellas acciones que tienen un menor coste económico por cada tonelada de CO2 ahorrada, para posteriormente proponer aquellas acciones que tienen un mayor coste económico por tonelada de CO2 ahorrada.

5.3. Acciones para la reducción de emisiones de CO2:

1. Propuestas para reducir las emisiones asociadas al uso de viviendas: El objetivo es reducir 5458,5 t CO2 eq asociadas al uso de viviendas nuevas y viviendas existentes. Para eso se proponen 13 acciones que en total logran un ahorro de 5922 t CO2 eq. (Gráfico 35).

2. Propuestas para reducir las emisiones asociadas a la construcción de viviendas:

El objetivo es reducir 1808,4 t CO2 eq asociadas a la construcción de viviendas nuevas. Para eso se proponen 3 acciones que en total reducen 2545 7.266,9 t CO2 eq. (Gráfico 36).

El objetivo de reducción total, considerando viviendas nuevas y existentes es de 7.266,9 t CO2 eq. y con las propuestas de reducción se logra un ahorro de 8.567,2 t CO2 eq. (Tabla 21).

Objetivo y propuestas de reducción de CO2 asociadas al uso de viviendas nuevas y existentes (t CO2 eq).

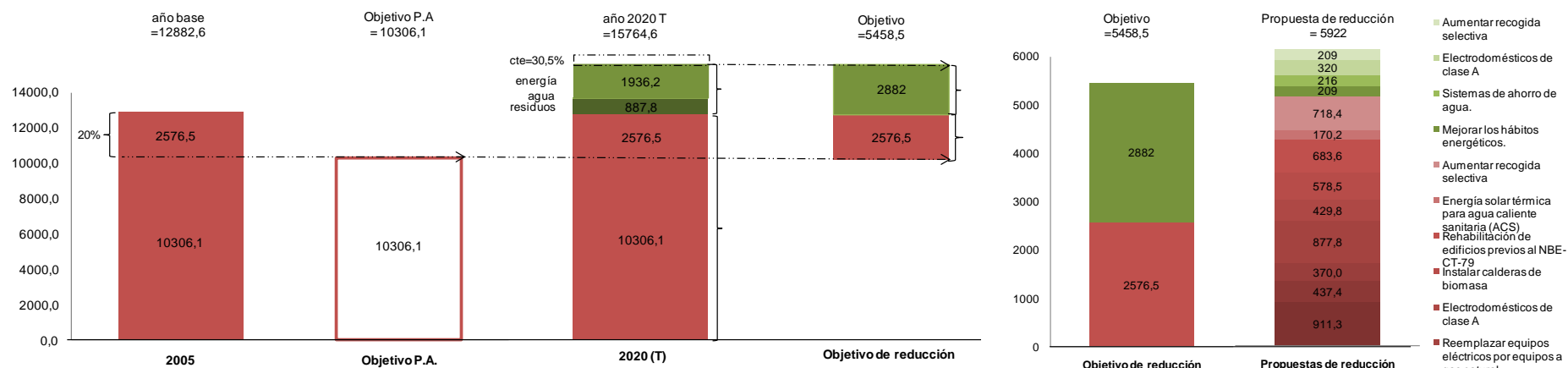


Gráfico 35. Objetivo (izquierda) y propuestas (derecha) de reducción de emisiones asociadas al uso de viviendas nuevas (color verde) y viviendas existentes (color rojo), (valores en t CO2 eq). Fuente: Elaboración propia.

Objetivo y propuestas de reducción de CO2 asociadas a la construcción de viviendas nuevas (t CO2 eq).

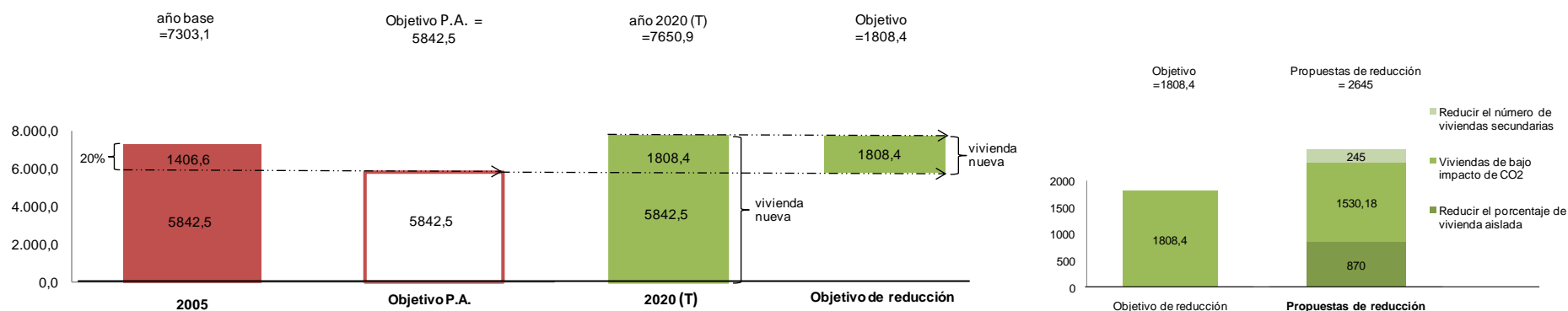


Gráfico 36. Objetivo (izquierda) y propuestas (derecha) de reducción de emisiones asociadas a la construcción de viviendas nuevas (color verde), nuevas (valores en t CO2 eq). Fuente: Elaboración propia.

ACCIONES DE REDUCCION DE EMISIONES DE VIVIENDAS			AHORRO DE EMISIONES		COSTES		COSTO/EFICIENCIA	
Nº	TITULO	OBJETIVO	VIVIENDA (t CO2 eq/ vivienda año)	TOTAL (t CO2 eq/año)	VIVIENDA (€/mv * año)	TOTAL (€)	TOTAL (€/t CO2 eq)	
USO DE VIVIENDAS EXISTENTES								
VIVIENDAS EXISTENTES	Nº 1	Mejorar los hábitos energéticos.	95% (4322 viviendas)	0,21	911,3	130	561.860	616,5
	Nº 2	Sistemas de ahorro de agua.	64% (2893 viviendas)	0,15	437,4	60	113.580	259,7
	Nº 3	Iluminación de bajo consumo.	95% (4322 viviendas).	0,09	370,0	128	553.216	1495,2
	Nº 4	Reemplazar equipos eléctricos por equipos a gas natural.	33% (1500 viviendas)	0,59	877,8	2.450	3.675.000	4186,6
	Nº 5	Electrodomésticos de clase A	50% (2225 viviendas).	0,19	429,8	880	1.958.000	4555,6
	Nº 6	Instalar calderas de biomasa	18% (800 viviendas)	1,21	578,5	4.500	3.600.000	6223,0
	Nº 7	Rehabilitación de edificios previos al NBE-CT-79	26% (1200 viviendas).	0,57	683,6	8.200	9.840.000	14394,4
	Nº 8	Energía solar térmica para agua caliente sanitaria (ACS)	33% (1500 viviendas)	0,11	170,2	850	1.270.000	7461,8
	Nº 9	Aumentar recogida selectiva	100% (4550 viviendas)	0,16	718,4	-	-	-
TOTAL EMISIONES USO DE VIVIENDAS EXISTENTES			3,29	5.177,0	17.198	21.571.656	39192,8	
USO DE VIVIENDAS NUEVAS								
VIVIENDAS NUEVAS	Nº 1	Mejorar los hábitos energéticos.	95% (1253viviendas)	0,16	209	130	162890	779,4
	Nº 2	Sistemas de ahorro de agua.	95% (1253viviendas)	0,17	216	0	0	0,0
	Nº 3	Electrodomésticos de clase A	80% (1054 viviendas).	0,3	320	0	0	0,0
	Nº 4	Aumentar recogida selectiva	100% (1318 viviendas)	0,16	209	-	-	-
	TOTAL EMISIONES USO DE VIVIENDAS NUEVAS			0,63	745,0	130	162.890	779,4
CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS NUEVAS								
VIVIENDAS NUEVAS	Nº 1	Reducir el porcentaje de vivienda aislada	25% (375 viviendas)	1,18	870	-12058	-4.521.761	-5197,4
	Nº 2	Viviendas de bajo impacto de CO2	100% (1318 viviendas)	1,16	1530,18	4781	6.301.628,30	4118,2
	Nº 3	Reducir el número de viviendas secundarias	4% (45 viviendas)	5,44	245	-88529	-3.983.789,90	-16260,4
TOTAL EMISIONES CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS NUEVAS			7,79	2.645	-95.805	-2.203.923	-17339,6	
TOTAL			11,70	8.567,2	-78.477	19.530.623	22632,6	

Tabla 22.Resumen de propuestas para reducir las emisiones de CO2 del sector doméstico de SMPT. Fuente: Elaboración propia.

Propuestas de reducción de emisiones de CO2 del uso de viviendas existentes:

Acción 1. Mejorar hábitos energéticos: Se proponen campañas de sensibilización y educación que mejoren los hábitos energéticos, y que permitan un mejor uso de la vivienda. Con estas medidas se estima un potencial de ahorro total del 10% del consumo energético del sector doméstico, el cual se distribuye a través de las medidas presentadas en la tabla 22.

Medida	Emisiones actividad (t CO2/viv)	% de ahorro	Ahorro de emisiones (t CO2/viv)	Total 95% viviendas (4323)
Apagar calderas en periodo de ausencias (10% de ahorro ACS)	0,51	10%	0,051	220,473
Disminuir uso de ACS mediante consumo racional de agua (-10% de ahorro en ACS)	0,51	10%	0,051	220,473
Controlar abrir puertas y ventanas (5% de ahorro calefacción)	0,78	5%	0,039	168,597
Aprovechar captación en invierno y evitarla en verano (Toldos, cortinas, etc), (5% de ahorro en calefacción)	0,78	5%	0,039	168,597
Aprovechar luz natural, usar colores claros y uso racional de luz artificial (10% de ahorro en iluminación)	0,08	10%	0,0008	3,4584
Apagar aparatos electrónicos cuando no se usen (5% de ahorro en electrodomésticos)	0,3	5%	0,015	64,845
Usar lavadora con agua fría, (5% de ahorro electrodomésticos)	0,3	5%	0,015	64,845
TOTAL				911,3

Tabla 22. Medidas para la reducción de emisiones de CO2 mediante mejoras de los hábitos energéticos. Fuentes: Paes vitoria y gasteiz, Agencia de ecología urbana. Instituto Catalán de energía, ICAEN. La energía en el hogar. <http://www20.gencat.cat/portal/site/icaen>.

Para el cálculo del ahorro de emisiones se utilizó el factor de emisión del combustible utilizado en SMPT para cada actividad, y se multiplicó por el ahorro energético estimado para cada vivienda. Se plantea como objetivo

lograr aplicar esta medida al 95% de las viviendas del 2005, es decir 4322 unidades, (SMPT tiene un porcentaje de ocupación de viviendas del 95%).

Ahorro de emisiones: 911,3 t CO2/año.

Costes: Tomando como referencia los costes asociadas a las campañas de sensibilización del PAES del municipio de Dublín, se estima que el coste total de la medida es 130 €/viv.

Coste = 130 €/viv. * 4322 viv, **coste total= 561.860 €.**

Acción 2. Sistemas de ahorro de agua: Se proponen instalar sistemas limitadores de caudal en las griferías de ducha, lavabo y cocina, que permiten un ahorro del 40% del consumo de agua y del 40% del consumo de energía para agua caliente sanitaria. (Fuente: Ecoagua i Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya).

Se propone como objetivo aplicar esta medida al 95% de las viviendas principales, es decir 2893 unidades (SMPT tiene un porcentaje de ocupación de viviendas del 95%).

Agua caliente sanitaria	Emisiones totales (t CO2 /viv)	% de ahorro	Ahorro de emisiones (t CO2 /viv)	Nº de viviendas	Ahorro final (t CO2)
Viviendas ACS eléctricas	0,56	40%	0,22	1584	354,9
Viviendas ACS con gas natural	0,18	40%	0,07	1100	79,2
Viviendas ACS con GLP	0,04	40%	0,02	209	3,3
Total	0,78		0,31	2893	437,4

Tabla 23. Cálculo para la reducción de emisiones mediante sistemas de ahorro de agua.

Esta medida se aplica sobre 2893 viviendas, de las cuales 1584 tiene ACS eléctrica, 1100 viviendas con ACS de gas natural y 209 viviendas tiene ACS de Glp.

Ahorro de emisiones: 437,4 t CO2.

Costes: Se considera la instalación de 3 aireadores para los grifos de agua caliente de dos lavabos y el lavaplatos (12 € c/u), dos reductores de caudal para la ducha (12 € c/u), es decir el coste total por vivienda es de 60 €.

Coste=60 €/vivienda * 2893 viv.; **coste total=113.580 €.**

Acción 3. Iluminación de bajo consumo: Se propone reemplazar bombillas convencionales por bombillas eficientes en el 95% de las viviendas construidas hasta el 2005, es decir 4322 unidades. (SMPT tiene un porcentaje de ocupación de viviendas del 95%). Por normativa de la Unión Europea, las bombillas convencionales dejarán de ser fabricadas a partir del 2012.

Ahorro de emisiones: Las emisiones de CO₂ asociadas a la iluminación de una viviendas en el año 2005 fue de 0,107 t CO₂/viv. Se considera que la reducción será de un 80% del consumo de iluminación. Esta medida se aplica sobre el 95% de las viviendas existentes del año 2005, es decir (4322 unidades). (SMPT tiene un porcentaje de ocupación de viviendas del 95%).

Equipo	Emisiones actividad (t CO ₂ /viv)	% ahorro de	Ahorro de emisiones (t CO ₂ /viv)	Total 95% viviendas (4323)
Bombillas eficientes	0,107	80%	0,086	369,95
TOTAL			0,086	369,95

Tabla 24. Cálculo para la reducción de emisiones mediante iluminación de bajo consumo.

Ahorro de emisiones=369,95 t CO₂.

Costes: La unidad de bombilla tiene un coste promedio de 8 €, es decir el coste por vivienda considerando el cambio de 16 bombillas sería de 128 €.

- Coste= 128 € /viv * 4322 viv; **coste total=553.216 €**

Acción 4. Reemplazar equipos eléctricos por equipos a gas natural:

El 50% de las viviendas existentes en SMPT utiliza para la cocina, para y para calefacción la electricidad. Al cambiar el tipo de combustible de eléctrico a gas natural, es posible ahorrar un 46% de las emisiones asociadas a estos usos. Se considera el reemplazo de sistemas de calefacción eléctricos, por unos de condensación para gas natural. Se considera el reemplazo cocinas eléctricas por cocinas a gas natural. Se propone actuar sobre 1500 viviendas principales.

Ahorro de emisiones: En el año 2005 se emitieron una vivienda con cocina y calefacción eléctrica emitió 1,27 t CO₂. Con la aplicación de esta medida se puede lograr un ahorro total de 877,8 t CO₂.

Equipos	Emisiones actividad (t CO ₂ /viv)	% ahorro de	Ahorro de emisiones (t CO ₂ /viv)	Total viviendas (1500)
Calefacción eléctrica	1,08	46%	0,50	748,4
Cocinas eléctricas	0,19	46%	0,09	129,3
TOTAL			0,59	877,8

Tabla 25. Cálculo para la reducción de emisiones reemplazando equipos eléctricos por equipos a gas natural.

Ahorro de emisiones= 877,8 t CO₂.

Costes económicos=El precio de una caldera de condensación individual a gas natural es de 2000 €, y el precio de una cocina a gas es de 450 €, es decir el coste por vivienda es de 2450 €.

Costes: 2450€/viv * 1500 viv; **coste total= 3675000 €.**

Acción 5. Electrodomésticos de clase A. En esta acción se propone cambiar 3 electrodomésticos convencionales de clase D por unos más eficientes de clase A. El ahorro por viviendas, si se reemplazan estos 3 equipos es de 568,5 KWh al año (fuente: IDAE). Esta medida se aplica sobre el 50% de las viviendas existentes del año 2005 (2225 unidades).

Equipo	Ahorro IDAE. (KWh/viv.año)	Ahorro de emisiones (t CO2/viv)	Total viviendas (2225)
Frigorífico/congelador	307	0,13	299,7
Lavadora	85,5	0,02	38,4
Lavavajillas	176	0,04	91,7
TOTAL	568,5	0,19	429,8

Tabla 26. Cálculo para la reducción de emisiones mediante electrodomésticos de clase A.

Ahorro de emisiones= 429,8 t CO2.

Costes: El coste económico de estos equipos es el siguiente: Frigorífico/congelador: 400€, Lavadora: 200€, Lavavajillas: 280€. El coste total por vivienda es de 880€/viv.

Costes: 880€/viv * 2225 viv **Coste total= 1.958.000 €.**

Acción 6. Instalar calderas de biomasa: Se propone cambiar calderas existentes que utilizan electricidad y combustibles líquidos (como el gasóleo C) por calderas de biomasa. El CO2 emitido por la caldera de biomasa se considera neutro (igual a cero), debido a que es el mismo CO2 absorbido por la planta al crecer. Entre los combustibles posibles para la caldera de biomasa se encuentran el pellets, leña, astillas, hueso de aceitunas, cáscaras de avellanas, etc.

El 50% de las viviendas existentes utiliza para la calefacción electricidad, se propone entonces actuar sobre 800 viviendas. Se aplica sobre viviendas que poseen calefacción central, existe un potencial de 1216 viviendas con agua caliente centralizada (fuente: Censo 2001, Idescat).

Equipo	Emisiones actividad (t CO2/viv)	% de ahorro	Ahorro de emisiones (t CO2/viv)	Total viviendas	
Calefacción eléctricas	1,08	100%	1,08	500	542,3
Calefacción mediante combustibles líquidos	0,12	100%	0,12	300	36,1
TOTAL			1,21		578,5

Tabla 27. Cálculo para la reducción de emisiones mediante la instalación de calderas de biomasa.

Ahorro de emisiones= 578,5 t CO2.

Costes= 4500€/viv * 500 viv; **coste total= 3.600.000€.**

Acción 7: Rehabilitación de edificios previos al NBE-CT-79: Se utiliza como referencia un estudio energético integral realizado en Vitoria y Gasteiz en un edificio de 18 viviendas construido en 1968 (previo al NBE-CT-79), el cual contempla una reducción del 35,1% de las pérdidas de climatización de las viviendas a partir del recubrimiento de fachada y sustitución de ventanas por otras de doble acristalamiento y carpintería de aluminio con rotura de puente térmico (Fuente: Plan de acción de Energía sostenible de Vitoria y Gasteiz).

Se considera el mismo porcentaje de reducción (35,1%), y se aplica sobre el consumo energético para calefacción de SMPT, el cual es de 4134,5 KWh/viv.año. en el año 2005. Existen en SMPT 2400 viviendas construidas antes del año 1980. Esta medida se aplicará al 50% de los edificios previos al NBE-CT-79, es decir 1200 viviendas.

Calefacción	Emisiones totales CO2/viv	% de ahorro	Ahorro de emisiones (t CO2/viv)	Total viviendas
Viviendas calef. Electricas	1,08	35,10%	0,38	456,9
Viviendas calef. con Gas natural	0,34	35,10%	0,12	143,7
Viviendas calef. con Glp	0,08	35,10%	0,03	32,5
Viviendas calef. combustible liquidos	0,12	35,10%	0,04	50,7
TOTAL	1,62		0,57	683,8

Tabla 28. Cálculo para la reducción de emisiones mediante rehabilitación de edificios previos al NBE-CT-79.

Ahorro de emisiones= 683,8 t CO2.

Costes: Se considera el mismo coste de rehabilitación considerado en el estudio energético tomado como referencia, el cual es igual a 8.200€/vivienda.

Coste=8.200€/viv * 1200 viv; **Coste total= 9.840.600 €**

Acción 8. Energía solar térmica para agua caliente sanitaria (ACS) en vivienda existente: Se propone cubrir el 30% del consumo de agua caliente sanitaria en viviendas existentes mediante energía solar térmica. Se propone aplicar esta medida a 1500 viviendas principales.

Agua caliente sanitaria	Emisiones totales (t CO2 /viv)	% de ahorro (30%)	Ahorro de emisiones (t CO2 /viv)	Nº de viviendas	Total de viviendas (1500) (t CO2)
Viviendas ACS eléctricas	0,56	30%	0,17	822	138,1
Viviendas ACS con gas natural	0,18	30%	0,05	570	30,8
Viviendas ACS con GLP	0,04	30%	0,01	108	1,3
Total	0,78		0,23	1500	170,2

Tabla 29. Cálculo para la reducción de emisiones mediante energía solar térmica para agua caliente sanitaria (ACS) en vivienda existente.

Ahorro de emisiones: 170,2 t CO2

Costes: 850€/viv * 1500 viv; **coste total= 1.275.000 €.**

Acción 9. Aumentar la recogida selectiva: En SMPT el año 2005 se generaron 5.781 toneladas de residuos, de los cuales el 18,7% (1081,05 t) corresponde a recogida selectiva de residuos, que fue depositada para su valorización en plantas de reciclaje, el resto, es decir 81,3%, corresponde a residuos de fracción unitaria, el cual fue depositado en la planta de tratamiento de residuos municipales de SMPT (depósito de “Les Valls”) (fuente: Auditoria Ambiental Municipal de Santa Maria de Palautordera. 2006. MINUARTIA, EstudisAmbientals. pág. 363).

Para lograr los objetivos que marca la Directiva Europea de residuos, y el programa de gestión de residuos municipales de Cataluña, PROGEMIC, es necesario aumentar el porcentaje de recogida selectiva desde el 18,7% del año 2005, al 48% que es objetivo para el año 2012. Esta acción debe estar ligada al plan local de residuos municipales, para plantear estrategias que permitan implementar medidas para lograr los objetivos planteados. Con esta medida se disminuye los residuos sin tratar, y sus emisiones asociadas, en un 29,3%. Se considera que solo el 80% de los residuos de recogida selectiva son aprovechados, y el resto se envían al depósito de residuos.

Actividad	Emisiones totales (t CO2)	% de ahorro	Ahorro Final (t CO2)
Residuos	3064,8	29,3% y 80%	718,4
TOTAL			718,4

Tabla 30. Cálculo para la reducción de emisiones mediante un aumento de la recogida selectiva.

Ahorro de emisiones=718,4 t CO2.

Costes económicos: No cuantificable.

Propuestas de reducción de emisiones de CO2 del uso de viviendas nuevas:

Cabe recordar que estas acciones se están planteando sobre viviendas que aún no se construyen, y por lo tanto mediante estas, se estaría reduciendo emisiones que actualmente no se están emitiendo a la atmosfera, y sobre las que es imposible tener certeza si ocurrirán o no. Se proponen las siguientes acciones para viviendas nuevas:

Acción 1. Mejorar hábitos energéticos: Esta corresponde a la misma acción realizada para viviendas existentes, y se aplica sobre las viviendas que se construirán entre los años 2005 y 2020. Se aplica sobre el 95% de las viviendas, es decir 1253 viviendas.

Medida	Emisiones actividad (t CO2/viv)	% de ahorro	Ahorro de emisiones (t CO2/viv)	Total 95% viviendas (1253)
Apagar calderas en periodo de ausencias (10% de ahorro ACS)	0,29	10,0%	0,029	36,05
Disminuir uso de ACS mediante consumo racional de agua (-10% de ahorro en ACS)	0,29	10,0%	0,029	36,05
Controlar abrir puertas y ventanas (5% de ahorro calefacción)	0,61	5,0%	0,030	38,20
Aprovechar captación en invierno y evitarla en verano (Toldos, cortinas, etc), (5% de ahorro en calefacción)	0,61	5,0%	0,030	38,20
Aprovechar luz natural, usar colores claros y uso racional de luz artificial (10% de ahorro en iluminación)	0,07	10,0%	0,007	8,20
Apagar aparatos electrónicos cuando no se usen (5% de ahorro en electrodomésticos)	0,42	5,0%	0,021	26,30
Usar lavadora con agua fría, (5% de ahorro electrodomésticos)	0,42	5,0%	0,021	26,30
TOTAL			0,167	209,30

Tabla 31. Medidas para la reducción de emisiones de CO2 mediante mejoras de los hábitos energéticos. Fuentes: Paes vitoria y gasteiz, Agencia de ecología urbana. Instituto Catalan de energía, ICAEN. La energía en el hogar.<http://www20.gencat.cat/portal/site/icaen>.

Ahorro de emisiones: 209,3 t CO2/año.

Costes: Tomando como referencia los costes asociadas a las campañas de sensibilización del PAES del municipio de Dublín, se estima que el coste total de la medida es 130 €/viv.

Coste= 130 €/viv * 1253 viv; Coste total=162.890€.

Acción 2. Sistemas de ahorro de agua: Se proponen instalar sistemas limitadores de caudal en las griferías de ducha, lavabo y cocina, en el 95% de las viviendas de nueva construcción, es decir en 1253 viviendas. Se considera que las nuevas viviendas se construirán con ACS de gas natural. Esta considerado en el cálculo el 30% del consumo cubierto mediante energía solar térmica, exigido por el CTE.

Agua caliente sanitaria	Emisiones actividad (t CO2/viv)	% de ahorro	Ahorro de emisiones (t CO2/viv)	Total 95% viviendas (1253)
Viviendas ACS con Gas natural	0,3	50%	0,17	215,5
TOTAL			0,17	215,5

Tabla 32. Cálculo para la reducción de emisiones mediante sistemas de ahorro de agua.

Ahorro de emisiones: 215,5 t CO2.

Coste económico: El coste de estos equipos es similar al coste de un equipo convencional, por lo tanto este se considera igual a 0,00 €.

Acción 3. Electrodomésticos de clase A. En esta acción se propone la instalación de 4 electrodomésticos más eficientes de clase A, evitando la instalación de electrodomésticos convencionales de clase D. El ahorro por viviendas, si se instalan estos 4 equipos es de 693,3 KWh al año (fuente: IDAE). Esta medida se aplica sobre el 80% de las viviendas nuevas (1054 unidades).

Equipo	Ahorro IDAE. (KWh/viv.año)	Ahorro de emisiones (t CO2)	Total viviendas (1054)	80%
Frigorífico/congelador	307	0,13	142,0	
Lavadora	85,5	0,04	39,5	
Lavavajillas	176	0,08	81,4	
Horno	124,8	0,05	57,7	
TOTAL	693,3	0,30	320,6	

Tabla 33. Cálculo para la reducción de emisiones mediante electrodomésticos de clase A.

Ahorro de emisiones: 320,6 t CO2.

Coste económico: Se considera que el coste de estos equipos es similar al coste de un equipo convencional, por lo tanto este es igual a 0,00 €.

Acción 4. Aumentar la recogida selectiva: Para lograr los objetivos que marca la Directiva Europea de residuos, y el programa de gestión de residuos municipales de Cataluña, PROGREMIC, es necesario aumentar el porcentaje de recogida selectiva del municipio de SMPT desde el 18,7% del año 2005, al 48% que es objetivo para el año 2012. Con esta medida se disminuye los residuos sin tratar, y sus emisiones asociadas, en un 29,3%.

Actividad	Emisiones totales (t CO2)	% de ahorro	Ahorro (t CO2)	Final
Residuos	1632,9	29,3% y 80%		382,8
TOTAL				382,8

Tabla 34. Cálculo para la reducción de emisiones mediante un aumento de la recogida selectiva.

Se considera que solo el 80% de los residuos de recogida selectiva son aprovechados, y el resto se envían al depósito de residuos. Se estima el mismo volumen de residuos por vivienda del año 2005, es decir 1,24

t/vivienda al año, y se aplica sobre las viviendas nuevas del año 2020 (1318 unidades.)

Ahorro de emisiones: 382,8 t CO2.

Costes: No cuantificable.

Propuestas de reducción de emisiones de CO2 de la construcción de viviendas nuevas:

Acción 1. Reducir el porcentaje de vivienda aislada: En el año 2001 un 54% de las viviendas eran de tipología aislada y un 46% de era tipología en bloque o pareada (fuente: Censo del 2001, Idescat). La vivienda aislada emite en promedio 34,8 t CO2 más que una vivienda en bloque, debido a que utiliza una mayor cantidad de material por superficie útil, y a que generalmente tienen una mayor superficie total (en SMPT tiene un promedio de 120,7 m2), en comparación a una vivienda en bloque (en SMPT tiene un promedio de 100,7m2).

Superficie promedio vivienda aislada²⁹: $120,7 \text{ m}^2 * 0,751 \text{ t CO}_2/\text{m}^2$ ³⁰

Emisiones promedio vivienda aislada= 90,6 t CO2

Superficie promedio en bloque: $100,7 * 0,555 \text{ t CO}_2/\text{m}^2$

Emisiones promedio vivienda en bloque= 55,8 t CO2

Se propone reducir el porcentaje de vivienda aislada, de un 54% del año 2001, a un 25% para el año 2020. Esto supone una reducción de 25

²⁹ La superficie promedio de vivienda asilada y en bloque se obtuvo de as licencias de obras municipales de construcción de viviendas del año 2007, 2008 y 2009.

³⁰ El factor de emisión de CO2 de una vivienda aislada y en bloque se explica en anexo 2.

viviendas que a partir de esta medida se construirán como vivienda en bloque.

Ahorro de emisiones= $34,8 * 25 = 870 \text{ t CO}_2$

Ahorro total= $870 \text{ t CO}_2/\text{año}$.

Coste= La diferencia entre construir una vivienda aislada y construir una vivienda en bloque es de 32.180,5 € (Fuente: elaboración propia con información del ayuntamiento). Si se consideran la aplicación para 345 viviendas, el ahorro económico es de

- Coste construcción vivienda aislada: $120,7 \text{ m}^2 * 602,9 \text{ €/m}^2$
Coste construcción vivienda aislada = 72.770,03 €
- Coste construcción vivienda en bloque: $100,7 * 602,9 \text{ €/m}^2$
Coste construcción vivienda en bloque = 60.712,6 €
- Diferencia entre vivienda en bloque y vivienda aislada = 12.058,03€
* 375 unidades

Ahorro económico= -4.521.761,2 €

Acción 2. Viviendas de bajo impacto de CO₂. Esta acción propone reducir las emisiones de CO₂ asociadas a los materiales utilizados en la construcción de viviendas nuevas. Se utiliza como referencia el “Estudio de las posibilidades de reducción de emisiones de CO₂, y su aplicación en el proyecto de 60 viviendas en Tossa de Mar”. En este trabajo se comparan dos edificios con las mismas características de geometría y emplazamiento, y que cumplen las mismas exigencias del CTE, pero que se diferencian en que uno de ellos utiliza materiales y soluciones constructivas con bajas emisiones de CO₂. El ahorro obtenido en este estudio es de un 25,7% en las emisiones de CO₂ totales de la vivienda, asociada al uso de energía para la fabricación de materiales de construcción (energía gris). Se propone en esta medida reducir un 20%

las emisiones de CO₂ asociados a los materiales de construcción de viviendas.

Si se considera en el escenario 2020 (T) que las emisiones de CO₂ por la construcción de viviendas fue de 7650,9 t CO₂, con la aplicación de esta acción se estarían ahorrando 1530,18 t CO₂ (el 20%)

Ahorro de emisiones=1530,18 t CO₂

Coste económico: Se considera que el coste económico de esta medida puede aumentar entre un 5 y 10% promedio, el coste una vivienda. En SMPT el valor del m² es de 602,9 €/m² (Fuente: elaboración propia con información del ayuntamiento).

- Coste total acción en vivienda aislada: $120,7 \text{ m}^2 * 602,9 \text{ €/m}^2 * 7,5\% * 332 \text{ viv. aislada}$.
Coste total acción en vivienda aislada = 1.811.973,7 €
- Coste promedio vivienda en bloque: $100,7 * 602,9 \text{ €/m}^2 * 7,5\% * 986 \text{ viv. en bloque}$.
Coste total acción en vivienda en bloque = 4.489.654,6 €

Coste total: 6.301.628,3 €

Acción 3. Reducir el número de vivienda secundaria: Considerando los porcentajes de vivienda secundaria del 2001 (28,1%, Idescat), para el 2020 se construirían 370 viviendas secundarias nuevas.

Se propone en esta acción reducir en un 10% el número de vivienda secundaria, es decir una reducción de 3 viviendas al año, que equivale a una reducción total de 45 viviendas desde el 2005 al 2020.

Superficie promedio vivienda aislada³¹: $120,7 \text{ m}^2 * 0,751 \text{ t CO}_2/\text{m}^2$

Emissiones promedio vivienda aislada= 90,6 t CO₂

Superficie promedio en bloque: $100,7 * 0,555 \text{ t CO}_2/\text{m}^2$

Emissiones promedio vivienda en bloque= 55,8 t CO₂

Ahorro por la construcción de viviendas (2 aisladas y una adosada)=237 t CO₂.

Ahorro anual por el uso de la vivienda= $2,83 \text{ t CO}_2/\text{viv (año 2005)} * 3$
unidades = 8,49 t CO₂

Ahorro total=245,49 t CO₂.

Costes: Se reducen los costes asociados a la construcción de 3 viviendas (2 aisladas y 1 en bloque)

Coste construcción vivienda aislada =72.770,03 €

Coste construcción vivienda en bloque =60.712,6 €

Costes ahorrados= - 3.983.789,9 €

³¹ La superficie promedio de vivienda aislada y en bloque se obtuvo de los permisos municipales de construcción de viviendas del año 2007, 2008 y 2009.

Conclusiones

El Pacto de los Alcaldes es una buena oportunidad para cuantificar las emisiones de CO₂ asociadas a las actividades que ocurren dentro del territorial municipal, y es una buena manera de enfrentar el cambio climático desde la escala local. Entre los aspectos positivos se encuentran que permite identificar a los principales responsables de las emisiones de CO₂ de cada municipio, permite definir estrategias y plazos de reducción concretos, y permite la participación de los diferentes actores involucrados en las actividades del municipio.

El Pacto de los alcaldes intenta unificar criterios para los municipios que forman parte del acuerdo. Permite plantear objetivos de reducción comunes, definir directrices y metodologías de cuantificación de emisiones, y permite compartir experiencias entre municipios que poseen realidades energéticas, climáticas y culturales diferentes. Esta es una buena manera de buscar alternativas que permitan la reducción de emisiones de CO₂.

Los planes de acción de energía sostenible actualmente cuantifican y proponen acciones de reducción principalmente para los consumos energéticos municipales, dejando sin medir ni proponer acciones de reducción para la construcción de viviendas, o para los bienes de consumo. No contabilizar estas emisiones deja sin reducir una cantidad importante de emisiones de CO₂.

El sector doméstico representa un porcentaje alto de las emisiones de CO₂ provenientes de un municipio. En el caso de Sitges representa el 19,3%, y en el caso de Dublín y Vitoria y Gasteiz representa el 33% de las emisiones del municipio. Además la importancia de este sector radica en que permite al ayuntamiento informar y educar a los ciudadanos y a la sociedad civil sobre las responsabilidades que estos tienen frente al cambio climático, y permite proponer medidas que ayuden a reducir sus emisiones de CO₂.

Plantear metodologías de cuantificación de emisiones cercanas al consumidor final, y cercanas a la utilidad de un bien o servicio, permite definir estrategias de reducción que apunten a disminuir el consumo de bienes y servicios, el cual es un aspecto clave en un modelo de desarrollo más sostenible. Para el pacto de los Alcaldes la opción más apropiada es medir desde la perspectiva de la utilidad (U).

Actualmente existe una dificultad alta para la recogida de información que permita una cuantificación de las emisiones de CO₂ de forma rápida. Esto se debe a que las fuentes de información están dispersas, o no existen registros anuales de consumos energéticos ni de consumo de materiales. Este es un aspecto que se tiene que mejorar para conocer de forma más precisa las emisiones de CO₂ anuales municipales, y para hacer un seguimiento de la evolución de estas.

Las emisiones totales para el sector doméstico en el municipio de Santa María de Palautordera, para el año 2005 fueron de 20.185,7 t CO₂ (2,6 t CO₂/hab) y se estiman que estas aumenten en un 16% para el 2020. Para lograr los objetivos planteados por el Pacto de los Alcaldes, estas emisiones no deben superar las 16148,6 t CO₂ para el año 2005.

Los materiales de construcción, los cuales no son cuantificados en la mayoría de los planes de acción municipal, representan un porcentaje alto de las emisiones de CO₂ municipales. En el caso de SMPT estas representan un 36% de las emisiones del sector doméstico. Cuantificarlos y buscar alternativas para reducirlos es una buena manera de enfrentar el cambio climático.

Los principales responsables de las emisiones de CO₂ del sector doméstico del municipio de SMPT son el consumo de electricidad, y los materiales de construcción para viviendas, ambos representan un 36 % de las emisiones totales. Las estrategias planteadas buscan principalmente reducir estos dos sectores, ya que toda medida aplicada en estos, tendrá un impacto más significativo en la reducción de emisiones.

En Santa María de Palautordera la construcción de segundas residencias (25%), y de vivienda aislada (50%) representan un valor alto de emisiones de CO₂, relacionadas al uso de materiales de construcción. Plantear medidas para reducirlos estos porcentajes es una buena estrategia para este municipio.

La variable del coste económico es una información determinante al momento de decidir qué acciones de reducción de emisiones se deben proponer. En Santa María de Palautordera las acciones que tienen una mayor reducción de emisiones por cada euro invertido son la instalación de sistemas de ahorro de agua, la iluminación eficiente, los electrodomésticos de clase A, y las mejoras de los hábitos energéticos de los ciudadanos.

Bibliografía.

1. Ministerio de Industria, comercio y turismo de España (2007). **Estrategia de ahorro y eficiencia energética en España 2004-2012, E4**. Disponible en: <http://www.idae.es/index.php/mod.pags/mem.detalle/idpag.89/relcategoria.1154/relmenu.11>.
2. Ministerio de medio ambiente de España (2007). **Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia Horizonte 2007- 2012 -2020**. Disponible en: <http://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/agenciadelaenergia/nav/biblioteca/listadoBiblioteca.jsp?id=1>.
3. Oficina Catalana de Canvi Climatic (2008). **Pla d'acció del canvi climàtic a Catalunya**. Disponible en <http://www.gencat.cat/>.
4. Intergovernmental Panel of Climate Change (1990). *Climate Change. The IPCC scientific Assessment*. Disponible en http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml.
5. Intergovernmental Panel of Climate Change (1995). *Climate Change 1995. The science of climate change*. Disponible en http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml.
6. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (2001). *Cambio climático 2001. Informe de síntesis*. Disponible en http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml.
7. European commission (2009). *Guidebook "how to develop a sustainable energy action plan (SEAP)". Part I, The SEAP process, step-by-step towards the -20% target by 2020*. Disponible en <http://www.eumayors.eu/>.
8. European commission (2009). *Guidebook "how to develop a sustainable energy action plan (SEAP)". Part II baseline emission inventory*. Disponible en <http://www.eumayors.eu/>.
9. Agencia de ecología urbana de Barcelona (2010). *Estrategia de lucha contra el cambio climático en Vitoria y Gasteiz*. Disponible en <http://www.vitoria-gasteiz.org/we001/was/we001Action.do?idioma=es&accionWe001=ficha&accion=home>.
10. Agencia de ecología urbana de Barcelona (2010). *Estrategia de lucha contra el cambio climático en Vitoria-Gasteiz (Anexos)*. Disponible en <http://www.vitoria-gasteiz.org/we001/was/we001Action.do?idioma=es&accionWe001=ficha&accion=home>.
11. Codema, Sustainable Dublin (2008). *Action Plan on Energy for Dublin, Consultation Draft*. Disponible en <http://www.codema.ie/report-article/date/2009/07/26/action-plan-on-energy-for-dublin-consultation-draft.html>.
12. Ajuntament de Sitges (2009). *Pla d'Acció per a l'Energia Sostenible del municipi de Sitges*. Disponible en <http://www.sitges.cat/>.

13. Ajuntament de Santa Maria de Palautordera (2009). *Pla d'Ordenació Urbanística Municipal (POUM) de Santa Maria de Palautordera*. Disponible en <http://www.ciupalautordera.cat/palautordera/poum-pla-ordenacio-urbanistica-municipal>.
14. MINUARTIA, Estudis Ambientals (2006). *Auditoria Ambiental Municipal de Santa Maria de Palautordera*.
15. A. Cuchí, J. Mourao, A. Pagés (2009). *45th ISOCARP Congress 2009. "A framework to take account of CO2 restrictions on municipal urban Planning"*.
16. Diputació de Barcelona (2006). Metodología per l'elaboració d'una prediagnosi energètica municipal.
17. Diputació de Barcelona (2007). DESGEL. *Programa de diagnòstic energètic i simulació de gasos d'efecte hivernacle locals. Manual d'usuari*.
18. SaAs. Societat Organica. Sabaté Associats, Arquitectura y sostenibilitat. *Estudi de les possibilitats de reducció d'emissions de CO2 i la seva aplicació en el projecte de 60 habitatges a Tossa de Mar*.
19. Agència de Residus de Catalunya (2007). Programa de gestió de residus municipals a Catalunya progremic 2007-2012. Disponible en www.arc-cat.net/ca/publicacions/pdf/agencia/programes/.../progremic.pdf.

20. Cuchí i Burgos, Albert. Déz i Bernabe, Glòria. Orgaz Tejedor, Carmen (2002). ITEC. *La cubierta captadora en los edificios de viviendas*.
21. CENER. Centro Nacional de Energías Renovables (2006). *Las energías renovables en España. Diagnóstico y perspectivas. Fundación gas natural*
22. Instituto de Tecnología de la construcción de Catalunya. ITEC (2003). *Parámetros de Sostenibilidad*.
23. Fundación AGBAR. Fundació ALbertis. ICTA, Universitat Autònoma de Barcelona, (2004). *Estudi del consum d'aigua als edificis de l'arregió metropolitana de Barcelona. Situació actual i possibilitats d'estalvi*.

Páginas webs consultadas:

24. Red eléctrica de España: <http://www.ree.es/>
25. Idescat: <http://www.idescat.cat/>
26. Agencia de residuos de Cataluña: http://www20.gencat.cat/portal/site/arc/?newLang=en_GB
27. IDAE: <http://www.idae.es/>

Anexo 1. Cálculos del mix eléctrico Español:

Formula factor del Mix eléctrico = $\frac{\text{Emisiones generadas}}{\text{Energía generada}}$

Energía generada

+ (CA * Fca) + (Cre * Fcre) + (Cogen_FG * Fcogen_fg) + (COGEN_GN * F_cogen_gn) + (GR * Fgr)

Energía generada (GWh) = H + N + C + FG+ CC + MH +EO + BIO + FSO + CA + Cre + Cogen_FG + GR + Cogen_GN + GR

Emisiones generadas (t CO2 eq) = (H * Fh) + (N * Fn) + (C * Fc) + (FG * Ffg) + (CC*Fcc) + (MH * Fmh) + (EO * Feo) + (BIO * Fbio) + (FSO * Fso)

Balance de energía Eléctrica [GWh]		Año 2001	Año 2002	Año 2003	Año 2004	Año 2005	Año 2006	Año 2007	FACTOR EMISSION DE CENTRALES DE GENERACIÓN [tn CO2eq/GWh]
Fuente: Red eléctrica de España		(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	(GWh)	
Regimen ordinario	HIDRÁULICA (H)	39.424	22.525	38.773	29.777	19.170	25.333	26352	(Fh)= 6,6 (*)
	NUCLEAR (N)	63.708	63.016	61.875	63.606	57.539	60.126	55102	(Fn)= 8,6 (*)
	CARBÓN (C)	68.091	78.768	72.249	76.358	77.393	66.006	71833	(Fc)= 1.054, 8 (*)
	FUEL/GAS (FG)	12.398	16.474	8.035	7.697	10.013	5.905	2397	(Ffg)= 635,4(*)
	CICLO COMBINADO (CC)	0	5.308	14.990	28.974	48.840	63.503	68139	(Fcc)= 363,4 (*)
Regimen especial	HIDRÁULICA (MH)	4.289	3.768	4.933	4.544	3.650	3.971	3965	(Fmh)= 6,6 (*)
	EÓLICA (EO)	6.600	9.256	11.798	15.584	20.377	22.631	26888	(Feo)=0 (**)
	BIOMASA (BIO)	1.036	1.658	1.923	1.992	2.066	2.167	2271	(Fbio)= 0 (**)
	RESIDUOS SOLIDOS INDUSTRIALES (RSI)	704	814	828	725	818	820	853	(Frsi)= 0 (****)
	RESIDUOS SOLIDOS URBANOS (RSU)	366	352	464	587	1.083	966	1296	(Frsu)= 0 (**)
	SOLAR (SO)	2	4	8	17	38	97	457	(Fso)= 0 (**)
	CARBÓN (CA)	89	236	535	716	693	748	737	(Fca)= 1.054, 8 (*)
	FUEL-GASOIL (Cogen_FG)	3.962	4.070	3.039	3.251	2.848	2.045	2517	(Fcogen_fg)= 496,2 (*)
	GAS DE REFINERIA (GR)	440	363	303	605	460	294	298	(Fgr)= 345,7 (*)
	GAS NATURAL (Cogen_GN)	12.701	14.421	15.790	17.137	18.038	16238	16768	(Fcogen_gn)= 345,7 (*)
Energía generada		213.810	221.033	235.543	251.570	263.026	270.850	279.873	
Emisiones generadas		87399145,9	103859098	95531210,7	105556382	115391156	105115476	111176430	
FACTOR DEL MIX		408,8	469,9	405,6	419,6	438,7	388,1	397,2	tnCO2 eq /GWh

(*) Fuente: J. M. Baldasano. (**) Fuente: Plan de energías renovables para España 2005-2010. (***)Fuente: Informe de la Red eléctrica española 2005. (****)Estimación propia.

Anexo 2. Cálculo de las emisiones de CO2 de los materiales de construcción de viviendas: Para obtener el factor de emisión de CO2 por superficie de vivienda construida (kg CO2/m2) se utilizan dos tipologías de viviendas como referencia, una corresponde a una vivienda plurifamiliar en bloque, y el otro corresponde a una vivienda unifamiliar aislada.

Capítulos	Vivienda en bloque (Referencia)	Factor de corrección	Vivienda aislada (Estimación)
	Kg CO2 /m2		Kg CO2 /m2
Cimientos y muro de contención	93,67	2,0	187,34
Estructuras (losas y pilares)	168,88	1,3	211,10
Cubierta y fachada	102,99	1,5	154,49
Acabados exteriores	9,84	1,5	14,76
Divisiones interiores	25,54	1,05	26,82
Acabados interiores	35,94	1,05	37,74
Cerramientos secundarios	58,4	1,05	61,32
elementos interiores secundarios	0	1,05	0,00
Saneamiento, aguas grises, drenaje	16,43	1,05	17,25
Red de agua fría, caliente y grises	5,96	1,05	6,26
Electricidad y alumbrado	17,13	1,05	17,99
Gas/combustible	0,24	1,05	0,25
Climatización y ventilación	14,25	1,05	14,96
Instalaciones audiovisuales, datos	1,6	1,05	1,68
Protección contra incendios	1,31	0,00	0,00
Equipo fijo	3,2	0,00	0,00
TOTAL	555,38		751,95

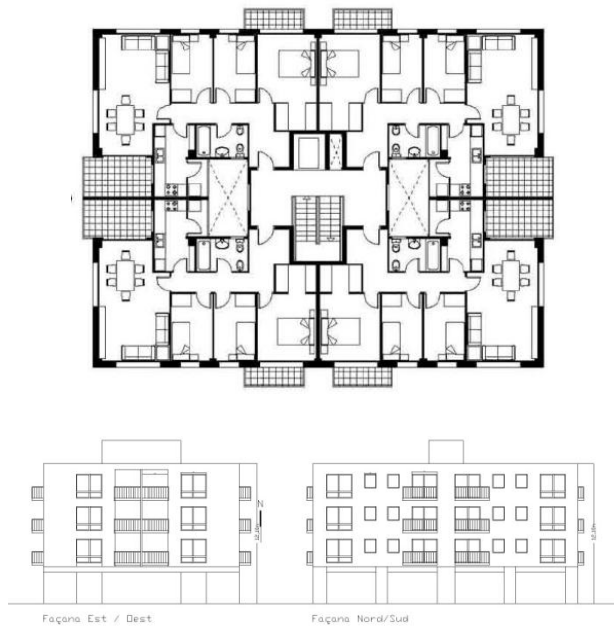
Para conocer las emisiones de CO2 asociadas a la construcción de una vivienda plurifamiliar en bloque, se utiliza el informe “Estudio de las posibilidades de reducción de emisiones de CO2, y su aplicación en el proyecto de 60 viviendas en Tossa de Mar”, El cual indica que las emisiones para un edificio de referencia denominado “Edificio Bedec”, son de 555,38 Kg CO2 por cada metro cuadrado de superficie útil interior.

Para conocer las emisiones de CO2 asociadas a la construcción de vivienda unifamiliar aislada, se hace una estimación utilizando los valores del caso de estudio anterior, y se le aplica un factor de corrección a cada una de las partidas de obra de este. Esta corrección se hace, mediante una estimación de la cantidad de material adicional que posee una vivienda unifamiliar, debido a que no “comparte” elementos constructivos, y por lo tanto necesita un mayor volumen de material para su construcción (Una vivienda plurifamiliar comparte cubierta, subterráneo, losas, muros interiores, etc.). Las emisiones asociadas a los materiales para la construcción de una vivienda aislada son de 751,95 Kg CO2/m2. (ver tabla)

Bloque colectivo de viviendas: Edificio BEDEC Características: Edificio de viviendas realizado con construcción convencional. Es un edificio de Planta Baja + 3 plantas de piso + sótano. El sótano tiene 545 m2, y cada planta tiene 391 m2, en total tiene 2109 m2 y 16 viviendas.

Bloque colectivo de viviendas: Edificio BEDEC

Características: Edificio de viviendas realizado con construcción convencional. Es un edificio de Planta Baja + 3 plantas de piso + sótano. El sótano tiene 545 m2, y cada planta tiene 391 m2, en total tiene 2109 m2 y 16 viviendas.



Planta tipo y elevaciones bloque de viviendas BEDEC.

Vivienda aislada:

Características: Vivienda realizada con sistema de construcción convencional. Posee sótano más planta baja y planta primera. El sótano tiene 109,25 m², y cada planta tiene 109,25 m², en total tiene 327,75 m²



Planta tipo y elevaciones vivienda tipología aislada.

Ambas edificaciones tienen los mismos sistemas constructivos, estos son:

- Las cimientos están formados muros de contención de y zapatas de hormigón armado.
- La estructura también es de hormigón armado con losa nervada reticular.
- La cubierta es transitable invertida acabada con baldosa cerámica.
- Los cerramientos exteriores son de obra de fábrica cerámica, de 2 hojas y aislamiento con planchas de poliestireno expandido.
- Las carpinterías son de aluminio anodizado.
- Los cierres y los forjados se revisten de yeso y se pintura.
- El pavimento principal es el terrazo.